

Online Forum

# 과학교육 정책포럼(1차) AI와 원격수업환경

2020.10.16(금)  
14:00 - 17:10

참여 | Zoom 실시간 접속  
접속 URL | <https://snu-ac-kr.zoom.us/j/85145043590>

주최



후원





**한국과학교육학회**  
The Korean Association for Science Education

---

**과학교육 정책포럼(1차)**

주 제            AI와 원격수업환경  
일 시            2020년 10월 16일(금) 14:00 – 17:10  
참 여            과학교육 정책포럼(1차)  
(접속 URL: <https://snu-ac-kr.zoom.us/j/85145043590>)

주 소            서울특별시 관악구 관악로 1  
                  서울대학교 13동 334호  
인쇄처           한국학술정보(주)  
주 최            한국과학교육학회

이 포럼은 ‘과학교육 발전협의체 의제 도출 및 포럼 운영’ 연구의 일부로 교육부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행됨.



<b>초대의 글</b>	5
<b>포럼 세부일정</b>	7
<b>[1부] 인공지능과 에듀테크 시대의 과학교육</b>	
[주제발표] 과학학습을 위한 비대면 원격 수업 / 하민수	11
[주제발표] 맞춤형 과학 수업과 인공지능의 활용 / 조한국	23
[지정토론] 기계학습의 현재 기술 수준과 교육적 활용 / 조정효	41
[지정토론] 원격 과학 수업을 위한 과학 교실과 과학 교사의 현재와 미래 / 최윤희	45
<b>[2부] 원격수업 환경의 지능형 과학 탐구 수업</b>	
[주제발표] 원격 수업에서 과학탐구 해결 방안 / 손정우	53
[지정토론] 원격 수업에서 과학탐구 해결 방안 / 이봉우	61
[지정토론] 과학 탐구 수업에서 원격수업환경의 한계점 및 개선 방안 / 주재걸	63
[지정토론] 원격 과학탐구 해결 방안에 대한 검토 의견 / 차정호	65





## WELCOME MESSAGE

---

# 초대의 글



4차 산업혁명과 지능정보화 사회의 도래에 따라서 과학교육에 대한 혁신 요구가 증대되어 왔습니다. 2020년에는 COVID-19로 인하여 온라인 블렌디드 수업이 일상화되면서 과학교육의 혁신과 보완은 더 급박해지게 되었습니다.

2020년 5월에 교육부는 과학·수학·정보·융합 교육 종합 계획('20~'24)을 발표하였습니다. 한국과학교육학회에서는 교육부와 한국과학창의재단의 지원을 받아 종합계획 추진을 위한 주제 발굴과 추진 전략에 대한 정책연구를 수행하고 있습니다. 그 일환으로 학교 현장과 학계 및 관련 각계 분야 전문가의 의견 수렴 및 공감대 형성을 위하여 2회의 과학교육 정책 포럼을 계획하고 있습니다.

이번 1차 포럼은 'AI와 원격수업환경'을 주제로 개최하게 되었습니다. 이 주제와 관련하여 연구진의 지금까지 성과를 공유하고, 각계 전문가들과 현장 교사를 모시고 지향 방향과 내용에 대한 의견을 나누고자 합니다. 아무쪼록 이번 기회가 변화되는 환경 속에서 더욱 발전적인 과학교육 정책을 모색하는 발판이 될 수 있도록 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

한국과학교육학회 회장

서울대학교 교수 **김 찬 종** 드림



# 포럼 세부일정

● 2020년 10월 16일(금) ●

시 간	발표 및 내용
14:00 - 14:10	<b>개회사 및 환영사</b> 김찬중 (한국과학교육학회장, 서울대학교) 김한승 (장학관, 교육부 교육과정정책과)
<b>[1부] 인공지능과 에듀테크 시대의 과학교육</b> <span style="float: right;"><b>사회: 맹승호 (서울교육대학교)</b></span>	
14:10 - 14:25	과학학습을 위한 비대면 원격 수업 (하민수, 강원대학교)
14:25 - 14:40	맞춤형 과학 수업과 인공지능의 활용 (조헌국, 단국대학교)
14:40 - 15:00	지정토론1: 조정호 (서울대학교) 지정토론2: 최윤희 (송문중학교)
15:00 - 15:20	자유토론1: 소효정 (이화여자대학교) 자유토론2: 남수경 (강원대학교) 자유토론3: 박 찬 (인천삼산초등학교)
<b>[2부] 원격수업 환경의 지능형 과학 탐구 수업</b> <span style="float: right;"><b>사회: 맹승호 (서울교육대학교)</b></span>	
15:30 - 16:00	원격 수업에서 과학탐구 해결 방안(손정우, 경상대학교)
16:00 - 16:30	지정토론1: 이봉우 (단국대학교) 지정토론2: 주재걸 (KAIST) 지정토론3: 차정호 (대구대학교)
16:30 - 16:50	자유토론1: 이준기 (전북대학교) 자유토론2: 강필원 (서울여자고등학교) 자유토론3: 변문경 (AI 콘텐츠 연구소)
16:50 - 17:10	<b>종합토의</b> <span style="float: right;"><b>사회: 임희준 (경인교육대학교)</b></span>

## ■ 참여안내

- 본 포럼은 사회적 거리두기를 위해 비대면 온라인 생중계로 진행됩니다.
- 참여를 원하시는 분은 당일 '과학교육 정책포럼(1차)'  
Zoom Link(<https://snu-ac-kr.zoom.us/j/85145043590>)로 접속하여 참여하실 수 있습니다.

## ■ 문의 및 자료안내

- 1차 포럼에 대해 궁금하신 사항은 [kase@koreascience.org](mailto:kase@koreascience.org)로 문의바랍니다.
- 포럼자료집은 한국과학교육학회 홈페이지([www.koreascience.org](http://www.koreascience.org))에서 다운받으실 수 있습니다.





[1부]

인공지능과  
에듀테크 시대의  
과학교육

사회: 맹승호(서울교육대학교)



## 과학학습을 위한 비대면 원격 수업

강원대학교 하민수

### I. 서론

최근 COVID-19로 인하여 교실현장에 비대면 온라인 학습이 필수적인 상황이 발생하였다. 이로 인하여 그동안 일부에서 진행되어 오던 온라인 기반의 비대면 원격교육이 거의 모든 공교육 현장에서 이루어지게 되는 상황이 발생하였다. 그동안 온라인 기반의 교육, 원격장치를 통한 비대면 교육은 개별화 교육, 맞춤형 교육을 위하여 활용되었는데, 전염병과 같은 물리적으로 한 공간에 모일 수 없는 상황을 대비하는 중요한 교육적 수단이 된 것이다. 이와 같은 교실 현장의 변화가 오히려 개인간 교육격차를 해소하고, 학생들의 발달 수준에 맞는 교육을 제공하는 것을 위하여 이루어진 그 동안의 온라인 기반의 원격교육을 더 촉진하여 긍정적인 변화의 기회가 되고 있다. 그리고 그 변화에 과학교육도 예외가 아니며, 과학교과 특성에 맞는 온라인, 비대면 기반의 과학교육모델을 구상할 필요가 생기게 되었다.

모든 교과가 공통적으로 가지고 있는 교육적 목표와 함께 각 교과별로 특징적인 교육적 목표도 함께 존재한다. 과학교과 경우에는 새로운 지식을 창의적/융합적으로 생성하는 역량을 강조하고 있다. 과학자들이 생성한 과학지식들을 이해하고, 그것을 토대로 새로운 지식을 생성해나가는 역량을 강조하고 있다. 따라서 과학교과에서는 복잡한 과학지식을 이해하는 것과 과학 지식을 생성하는 두 가지 큰 목표를 가지고 있다. 특히, 과학지식 생성이라는 목표를 달성하기 위해서는 전통적인 강의형 수업으로서는 한계가 있으며, 실험과 탐구 중심의 수업이 반드시 필요하다. 탐구 과정을 통하여 학생들은 과학적 사고력, 과학적 탐구능력, 과학적 문제해결력이라는 과학 핵심역량을 형성할 수 있다. 체험과 활동, 실험과 탐구가 상대적으로 많은 과학교과에서 온라인 기반의 비대면 과학 수업은 여러 가지 면에서 어려움이 발생한다. 그렇기 때문에 온라인 기반의 비대면 원격교육 상황을 가정하고 과학교육이 효과적으로 이루어지기 위하여 다양한 점들을 체계적으로 살필 필요가 있다. 또한 COVID-19 이후 시대에 언제 발생할지 모르는 비대면 상황을 대비하면서도 학습자의 발달에 맞춘 개별화 맞춤형 과학교육, 실감형 자료를 활용한 가상실험, 유튜브 등과 같은 동영상을 활용한 과학교육은 오히려 교실현장에서 이루어지던 과학수업보다 더 많은 교육적 효과를 달성할 수도 있을 것이다.

최근 급속히 발달하는 컴퓨터 기술, 인공지능학습, 태블릿 PC와 개인 스마트 기기 등의 발달은 온라인 기반의 비대면 과학수업을 지원하기에 최적의 환경을 제공하고 있다. 컴퓨터 공학과 인공지능 기술의 발달로 실감형 콘텐츠, 다양한 동영상 학습자료, 인공지능 기반의 학습 플랫폼, 화상회의 기반의 원격수업 플랫폼, 디지털 교과서의 발달을 이끌고 있다. 창의교육과 문제해결학습에 큰 혁명을 불러왔었던 플립러닝(거꾸로 학습)은 동영상 자

료 등 온라인을 중심으로 하는 디딤학습을 통해 구현되어져 왔다. 일반생물학, 일반화학 등과 같은 대학 중심의 교육은 온라인대형공개강의(MOOC; Massive Open Online Course)는 그동안 우리 일상에서 온라인 교육이 활성화 되고 있음을 보여주고 있다. 한국과학창의재단, 한국교육학술정보원 등의 연구기관에서는 실감형 교수학습 자료를 개발하고 있고, 학생들이 실물이 아닌 가상의 환경에서 과학실험을 경험할 수 있는 다양한 학습자료를 개발하여 공개하고 있다. 한국교육학술정보원에서 운영하는 에듀넷·티-클리어에서 제공하는 디지털교과서는 기존의 종이 교과서에서는 구현할 수 없었던 학생 스스로 온라인 학습이 가능한 형태로 발전하고 있다.

온라인 기반의 비대면 원격수업은 COVID-19 이전에도 강조되던 대표적인 미래교육의 방법이다. COVID-19는 온라인 기반 비대면 원격수업이 너무 빨리 교실현장에 도입되어야 하는 이유가 되었지만, 그것과 상관없이 비대면 원격수업은 개별화 맞춤형 교육이라는 교육의 효율성을 높이는 목적과, 교육격차라는 교육으로 발생하는 사회 문제를 해소하기 위한 중요한 방법이어 왔다. 본 주제발표에서는 기존의 교실에서의 달성하던 과학교육의 성과들을 최대로 달성하면서도 온라인 학습의 장점을 최대로 올릴 수 있는 온라인 기반의 비대면 과학수업의 모습은 어떠해야 하는지 논의할 것이다. 다양한 공학적 요소들을 모으고, 과학교육이론을 근거로 하여 최적화된 온라인/블렌디드 과학교육 학습모델을 제안하여, 비대면 원격 과학수업이 교육 현장에 빠르게 도입될 수 있도록 논의하고자 한다.

## II. 과학교실에서의 과학교육과 비대면 교육

이 장에서는 과학교실현장에서 흔하게 이루어지는 대표적인 교수방법을 제시하고, 각 교수 방법별로 비대면 온라인 환경을 가정하고 어떻게 대처할수 있는지 논의하고자 한다. 먼저 아마도 과학교실에서 가장 많이 이루어지고 있을 것으로 짐작되는 강의형 수업이다. 강의는 주로 학습 내용에 대하여 교사가 설명하는 방법을 통해 이루어진다. 일반적인 강의식 수업 방법은 교사가 어떤 개념을 다양한 자료들을 바탕으로 설명하고, 학생들의 질문을 바탕으로 다시 피드백을 제공하는 형태로 이루어진다. 과학교육에서 가르치는 많은 개념들 중에는 신체의 기능, 효소의 종류 등과 같은 개념의 복잡도의 정도가 낮은 단순한 개념도 있으며, 광합성, 진화, 유전과 같은 다양한 개념들을 포함하는 복잡한 개념도 있다. 또한 소화기관에서 분비되는 효소의 종류와 같은 학생들이 선행 개념을 가지지 않는 개념도 있을 뿐만 아니라, 다양한 오개념을 가지고 있는 진화개념과 같은 과학개념도 있다. 단순한 과학개념을 강의할 때와 달리 복잡하고 학생들의 선행개념이 많이 나타나는 개념의 전달을 위해서는 학생들의 반응을 끊임없이 확인할 필요가 있으며, 교사의 설명 이외에도 동영상, 이미지, 시뮬레이션, 가상실험, 탐구활동 등을 함께 수행하면 그 효과가 높다. 비대면 원격 상황임을 가정했을 때 단순한 개념의 교육의 경우에는 교사의 실시간 대면 수업이나 또는 EBS 강의 영상과 같은 관련 내용을 설명하는 동영상 학습자료일 경우에도 충분할 수 있다. 하지만 복잡한 개념을 이해하기 위해서는 다양한 학습자료를 함께 제시해야되고 시범실험, 탐구활동, 시뮬레이션 활동을 함께 하고, 끊임없이 학생들의 이해 수준을 확인하는 상호작용을 가져야 한다. 이와 같은 복잡한 개념을 가르치는 강의형 수업의 경우에는 비대면 수업 환경은 여러 가지 제약이 많을 수 있다.

두 번째는 실험이다. 실험은 과학의 고유한 탐구 방법이며, 과학 수업의 중요 모델이자 목표이기도하다. 또한 학생들의 과학 지식 생성 능력을 강조하고, 사고력과 탐구능력 중심의 역량 중심의 교육을 위해 실험 수업은 더욱 강조되고 있다. 실험은 여러 가지 목적으로 이루어진다. 앞서 설명한 바와 같이 복잡한 자연현상을 이해하

기 위하여 이루어지는 실험도 있다. 아마도 이와 같은 실험은 확인 실험으로 볼릴 것이다. 많은 과학개념은 추상적이며, 구체적이지 않기 때문에 그 현상을 직접 관찰하고 조작하는 실험을 통해 과학개념을 빠르게 이해할 수 있다. 이 과정에서 학생들은 관찰, 추리, 측정 등과 같은 기초탐구과정을 수행할 수 있고, 탐구 능력을 향상시킬 수 있다. 만약에 탐구 기능을 향상시키는 것을 목표로 하지 않고 단순히 과학 원리를 이해하기 위한 확인 실험의 경우에는 학생들이 직접 수행할 필요는 낮으며 교사의 시범 실험이나 다른 사람이 수행한 실험 영상을 보는 것으로도 충분할 수 있다. 이 경우에는 비대면 온라인 상황에서도 제약은 없다.

두 번째는 가설을 직접 생성하고 새로운 지식을 검증하여 생성하는 능력을 향상시키기 위한 실험이다. 학생들은 과학적 의문을 스스로 찾아내고, 가설을 생성하고 타당한 증거를 실험을 통해 생성한 뒤 결론을 생성하고 일반화된 지식을 만들어 낸다. 이와 같은 과정에 대해서 학생들은 탐구 기능을 학습하고, 과학적 문제해결의 절차를 이해한다. 학생중심의 실험탐구활동은 개방된 탐구로 이해될 수 있다. 개방된 탐구의 경우에는 학생들이 스스로 탐구활동을 해볼 필요가 있기 때문에 온라인 기반의 비대면 환경에서는 많은 어려움이 있다. 학생들이 실험재료들과 실험기구들을 가정에서 갖추고 있을 경우에는 원격 상황에서 교사의 지도에 따라 실험을 수행할 수 있을 것이다. 최근 COVID-19 상황에서 원격수업에서는 이와 같은 방법이 많이 활용되고 있다. 만약 실험의 재료나 실험기구가 일반 가정에서도 쉽게 가질 수 있는 것이라면 비대면 원격 상황에서 교사의 지도에 따라 실험 수행이 가능할 수 있다. 예를 들어서 나뭇잎 관찰, 소금물의 용해 현상 관찰 등과 같은 실험은 일반 가정에서도 안내에 따라 쉽게 할 수 있을 것이다. 실험수업 중 복잡한 실험기구를 다루는 능력을 함양하는 과학수업이 있다. 예를 들어서 생물교과에서 현미경의 사용법은 매우 중요한 기능으로서 학생들이 반드시 연습하여 활용할 수 있어야 한다. 복잡한 실험기구를 다룰 때에는 사용 방법을 단순히 기억하는 것을 넘어서서 실험기구를 다룰 수 있는 절차적 지식이 체득될 때까지 연습할 필요가 있다. 이와 같은 실험교육은 비대면 환경에서 부족할 수 있다. 이와 같은 경우는 가상환경을 활용할 수 있다. 현미경 사용법, 망원경 사용법 등 비싸거나 흔하게 접할 수 없는 실험 기구를 연습하는 다양한 가상실험실 교육자료들이 있다. 물론 이와 같은 가상실험실의 경우 상호작용형으로 개발되긴 하였지만 실감의 정도는 직접 기구를 다루는 것에 비하여 매우 낮은 것은 사실이다. 마지막으로 조별 활동에 관한 것이다. 학생중심의 실험의 경우에는 학생 개별로 진행하기 보다는 조별로 활동하는 경우가 많다. 탐구실험이 개인의 역량으로 해결하기에는 복잡한 활동이 많기 때문에 조별로 진행하는데, 이와 같은 조별 과학실험은 비대면 원격수업 환경에서는 어려울 것이다.

앞서 논의한 강의 수업과 탐구수업이 과학 수업 대부분을 차지할 것이다. 그 두 가지를 제외하고 아마도 가장 널리 활용되는 교수법은 토론, 토의일 것이다. 최근 학생들이 사고력 향상, 의사결정력 향상 및 의사소통역량 향상에 좋은 논쟁 중심의 토론 수업이 더 강조되고 있기도 한다. 사회 이슈에 관하여 토론을 통한 과학학습은 서로의 의견을 주고받고 협의하는 상호 작용을 통해 과학개념을 이해할 수 있으며, 자신과 다른 학생들의 지식 및 사고 과정을 평가하고 분석하면서 사고력을 촉진하고, 자신의 생각을 말하고, 친구의 의견을 경청하는 과정을 통해 의사소통역량을 향상시킬 수 있다. 토론 수업의 경우에는 언어를 통해 이루어지기 때문에 대면 상황이나 비대면 상황이나 비슷한 효과를 낼 수 있을 것이다.

네 번째는 조사이다. 조사는 탐구할 과학 문제에 대하여 관련된 자료 등을 찾는 활동이다. 조사는 관련된 장소나 현장에서 관찰 등을 통해 직접 자료를 수집할 수도 있고, 책이나 인터넷 조사를 통한 간접적인 방법을 통해서도 가능하다. 예를 들어서 하천에 서식하는 생물의 종류에 대한 조사일 경우에는 직접 하천에 가서 생물종을 확인하거나, 하천 생물 자료가 기록되어 있는 데이터를 인터넷에서 찾아 확인할 수 있다. 조사는 제한된 공간에

서 주로 이루어지는 탐구실험 보다는 더 포괄적인 것으로 탐구활동 등을 포함하는 문제해결수업에 더 가깝다. 조사의 경우에는 학교 교실현장에서 주로 이루어지지 않고, 과제연구 등을 통해 이루어진다. 교사에게 조사 과정에 대해서 발표하고 피드백을 받으며, 조사 결과를 학기말에 발표하는 형태로 이루어진다. 그러므로 이 수업은 교사와의 대면수업이 많이 요구되지는 않는다. 따라서 비대면 환경에서도 조사는 효율적으로 이루어질 수 있다.

최근 자유학기제의 활성화로 인하여 과학수업에서 강조되는 것이 견학이다. 견학은 학교를 벗어나서 학교가 가지고 있지 않는 다양한 과학 자료들을 직접 경험할 수 있는 교수학습방법이다. 견학은 야외 학습, 현장 학습, 과학 탐방 등 다양한 형태로 이루어진다. 식물과 동물을 직접 경험할 수 있는 식물원이나 동물원을 탐방할 수 있고, 자연의 역사를 경험하는 자연사 박물관도 중요한 견학 장소이다. 최근 많은 도시들이 짓고 있는 과학관 역시 중요한 견학 장소이다. 비대면 상황에서 견학도 어려운 점이 많다. 하지만 다양한 과학관들이 가상 환경 기술을 활용하여 과학관을 경험할 수 있도록 하거나, 유튜브 채널들을 통해 자세히 내부를 간접적으로 경험할 수 있도록 한다. 실감형은 낮으나 오히려 큰 비용을 들이지 않고 전국의 다양한 견학 장소를 경험할 수 있다는 장점도 있다. 예를 들어서 과학적으로 의미가 많은 다양한 지질 장소들은 360도 영상으로 개발되어 학습자료로 보급되고 있다. 유튜브 채널에도 다양한 지질 현상을 매우 자세히 기록된 영상들도 많다. 오히려 육안으로 관찰하기 어려운 곳의 자료들도 드론 등을 통해 촬영되어 제공된다. 견학의 경우에도 대면보다는 비대면 환경에서 더 활발히 이루어질 수 있다.

표 1. 과학수업유형에 따른 온라인 비대면 수업 방법

과학 수업 유형		온라인 비대면 수업 방법
강의	단순 개념 학습	원격화상수업, 동영상 강의
	복잡한 개념 학습	원격화상, 시뮬레이션, 가상실험
실험	안내된 확인 실험	시범실험영상
	개방된 탐구 실험	가정내 실험, 가상실험실
토론 수업		원격화상토론수업
조사		동영상 자료, 실감형 자료, 인터넷 기반 조사
견학		동영상 자료, 실감형 자료

### Ⅲ. 온라인 과학교육을 위한 기술적 요소

2001년 포항공대 대학교육개발센터에서는 대학교육에 원격화상수업을 도입하기 위하여 원격화상수업의 방향을 결정하기 위한 보고서를 발간한다(유승현, 이은실, 2001). 이 연구에서 당시 원격화상수업을 도입해야 되는 이유로서 다양한 과목의 개설, 해외 저명한 석학들의 강의 개설, 기업의 교육 요구 및 실무관련 엔지니어들의 강의 개설을 꼽았다. 예상되는 원격화상수업의 문제점으로는 불안한 시스템으로 인한 수업의 끊김, 단순 지식 전달형 수업, 역동적인 수업의 어려움이었다. 19년 전인 2001년보다 인터넷 속도가 100배 이상 높아지고, 스마트폰, 태블릿PC 등 ICT와 관련한 많은 기술들이 매우 발달한 현시점에서도 원격화상수업의 도입이유와 문제점은 여전히 공감된다. 19년 전과 비교했을 때 현재 컴퓨터 사양, 인터넷 속도, 그리고 원격화상회의 솔루션은 상당히 많이 발전하였다. 그리고 이런 기술 덕분에 19년 전 걱정하였던 시스템의 끊김과 화자간 상호작용에 대한

걱정은 크게 줄일 수 있다.

원격화상수업의 핵심은 원격화상회의 솔루션일 것이다. 단순히 인터넷이 빨라진다고 하여 상호작용이 효율적으로 이루어지는 화상회의가 가능하지 않다. 화상회의에서는 음성의 전달만 이루어지는 것이 아니라 다양한 정보들을 전달해야 되며, 많은 사람들이 동시에 참여해야 된다. 사용자 편의성이 최대화 되어 사용법에 대한 충분한 이해 없어도 직관적으로 활용 가능해야 되며, 가까운 거리에서 서로 만나서 이야기 하는 느낌을 최대한 구현해야 된다. 이와 같은 조건을 만족하기 위해서는 다양한 기술적 요소가 필요하며, 많은 기업에서 화상회의 솔루션을 개발하였다. 한국교육학술정보원은 비대면 학습과 소통을 위한 원격화상회의 도구들을 조사한 보고서를 발간하였는데(계보경 등, 2020), 널리 활용되는 8가지 도구를 소개한다. 8가지 도구를 선택하는 기준은 기본 기능을 무료로 제공하는지, 회원가입 절차가 단순하여 접근이 3단계 이하인지, PC와 모바일 모두에서 접속이 가능한지, 문서 공유 등 부가 기능이 제공되는지, 영상 제어 등 회의 진행이 가능한지, 회의 내용의 백업 기능이 있는지, 25명 이상이 참여 가능한지, 일정 수준 이상 영상 품질이 확보 가능한지이다. 이 기준에 일정 수준 만족하는 도구를 소개하였는데, 이 중에 5개는 해외 개발 도구이며, 국내 개발 도구는 3개이다. 해외 개발 도구는 Google Meet, WebEx Meeting, GoToMeeting, Zoom, UberConference이며, 국내 개발 도구는 리모트미팅, 구루미, 비디오오피스이다. 아래 표를 살펴보면, 원격화상수업에서 필요한 주요 기능들을 중심으로 8개 화상회의도구를 비교할 수 있다. 일반적인 교실의 학생수가 30명 내외라는 점을 근거로 국내 화상회의도구들의 기능이 해외 개발 도구와 비슷한 성능을 보인다.

표 2. 원격 화상회의 도구 비교(계보경 등, 2020)

구분	명칭	화면 품질	데스크탑 공유지원	채팅	칠판	PPT/PDF 공유	녹음 기능	최대참여 인원
해외	Google Meet	HD	○	○	X	○	○	50
	WebEx Meeting	HD	○	○	○	○	○	3000
	GoToMeeting	HD	○	○	○	X	○	1000
	Zoom	HD	○	○	○	○	○	500
	UberConference	HD	○	○	X	○	○	100
국내	리모트미팅	HD	○	○	○	○	○	30
	구루미	HD	○	○	○	○	○	64
	비디오오피스	HD	○	○	○	○	○	64

2005년 서비스를 시작한 유튜브는 과학수업에 필요한 대부분의 동영상 자료를 가지고 있다고 해도 과언이 아니다. 특히 최근 학생들에게 유튜브가 선풍적인 인기를 얻음에 따라 과학탐구를 중심으로 하는 동영상 자료가 학생들에게 큰 인기가 있으며, 학습에도 널리 활용되고 있다(김형욱, & 송진웅, 2020). 어려운 과학개념을 쉽게 풀어서 설명해주는 유튜브 채널이 많으며(표 3), 이와 같은 유튜브 채널이 아니더라도 과학개념학습에 필요한 대부분의 동영상 자료를 구할 수 있다. 유튜브를 비롯한 온라인 상에서 검색 및 활용이 가능한 동영상 자료는 과학 개념에 이해뿐만 아니라 과학중요 시설에 관한 견학의 기능을 대신하며, 다양한 과학자들의 특강도 쉽게 접근할 수 있어 다양한 과학교육에 활용될 수 있다. 예를 들어서 DNA 복제에 관한 수업을 진행한다고 하면 그림을 바탕으로 수업을 하는 것은 DNA복제의 과정을 직관적으로 이해하기에는 큰 어려움이 있다. 유튜브 채널에 DNA복제, DNA replication을 검색할 경우 3D로 된 DNA 복제 영상 자료부터 DNA복제 관한 강연자료 등 수백가지의

동영상 자료가 검색된다. 이와 같은 자료들은 쉽게 PPT와 같은 문서 도구에 포함시킬 수 있으며 과학수업에 활용될 수 있다.

표 3. 과학관련 유튜브 채널

유튜브 채널	구독자(2020년 10월 현재)
1분과학	72.4만
과학드림 [Science Dream]	38.0만
YTN 사이언스	36.7만
안철과학 Unrealscience	31.2만
과학쿠키 [Science Cookie]	30.4만
신박과학	26.9만
과학떠먹여주는	19.2만
카오스 사이언스	12.8만

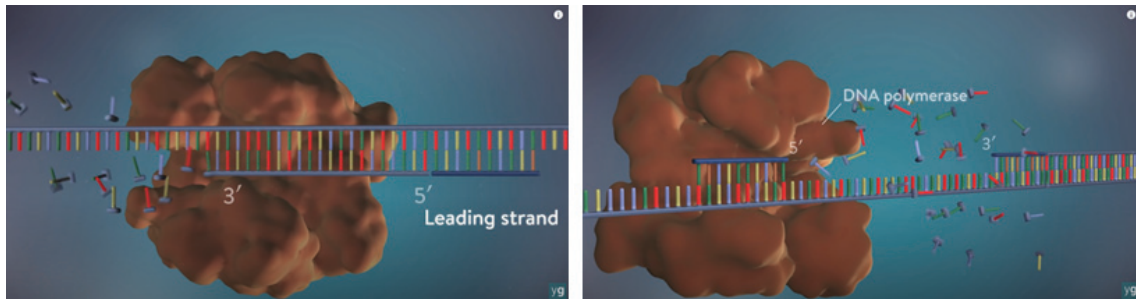


그림 1. DNA복제에 관한 3D모델 (<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>)

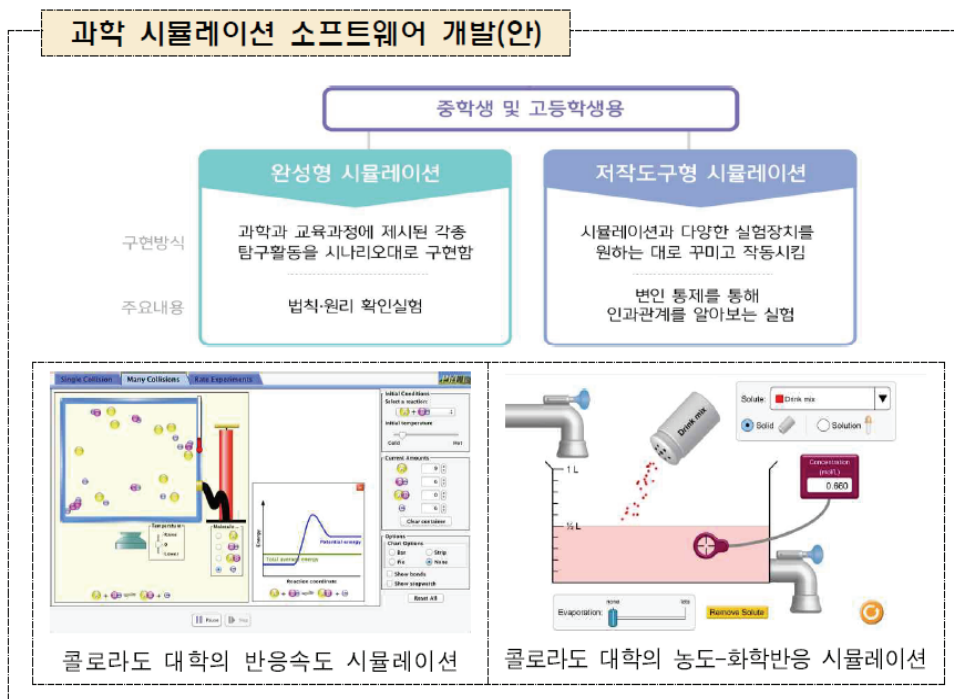


그림 1. 과학교육 종합계획 (안)에 소개된 PhET 인터랙티브 시뮬레이션



상호작용이 가능한 시뮬레이션 과학학습자료는 상당히 많은 교육기관, 연구기관, 기업에서 무료 또는 유료로 서비스를 제공하고 있다. 그 중에서 과학교육 종합계획(안)에 소개된 PhET 인터랙티브 시뮬레이션은 대표적인 학습자료이다. 한국어로도 번역되어 서비스가 제공되고 있는 PhET 인터랙티브 시뮬레이션(PhET Interactive Simulation)은 콜로라도 대학교의 프로젝트의 산물이다. 2001년 노벨상 수상자인 칼 와이먼(Carl E. Wieman)에 의하여 설립되었다. 이 프로젝트는 무료 양방향 시뮬레이션을 통해 과학과 수학교육의 혁신을 이끄는 것이다. PhET 프로젝트는 현재 물리, 화학, 생물학, 지구과학, 수학 분야의 개념 이해, 탐구 기능 향상을 위하여 125개 이상의 무료 상호작용형 시뮬레이션을 개발하여 제공하고 있다. 창립자인 칼 와이먼은 물리학자로서 시뮬레이션의 교육적 효과에 대해서 오랫동안 강조해 왔다. 이 점은 시뮬레이션이 단순히 교실 내의 탐구실험을 대체하기 위한 것이 아니라 추상적인 과학을 보다 효율적으로 학습하기 위한 하나의 도구로 활용됨을 의미한다. 더욱이 대면교육을 할 수 없는 팬데믹 상황에서 시뮬레이션은 과학탐구의 대체용의 기능도 함께 수행할 수 있다.

우리나라에서도 일찍이 시뮬레이션 기반의 과학탐구 콘텐츠를 개발해 왔다. 시뮬레이션 기반의 과학 탐구 프로그램의 과제 성취도에 관한 연구(김준규 & 박영태, 2002)의 연구, 중학교 생명과학 단원의 가상 실험실 프로그램의 수업 효과를 연구(박재근 & 반승록, 2004) 등 과학교과와 관련한 시뮬레이션, 가상 실험실 등의 다양한 온라인 기반의 과학교육 학습도구가 개발되어져 왔다. 시뮬레이션 기반의 탐구수업과 가상 실험실에 관한 연구도 활발하다. 최근 가상현실(VR, virtual reality), 증강현실(AR·augmented reality), 혼합현실(MR·mixed reality) 등의 연구로 이어져 다양한 과학학습 도구가 개발되고 있다. 한국교육학술정보원, 한국과학창의재단, 한국전파진흥협회 등 다양한 기관들에서 AR/VR을 활용한 과학학습자료를 개발하는 사업을 추진하고 있으며, 과학교육에서도 AR/VR을 활용한 과학학습자료가 학생의 과학 학습 동기과 역량을 신장시킨다는 실증적인 연구도 상당히 많다(이지수 등, 2010; 이창윤 등, 2019).

무료로 제공되는 가상환경 실험실도 많지만, 유료 서비스도 교육현장에서 많이 활용되고 있다. 생물학 탐구를 위한 정교한 양방향 시뮬레이션 서비스를 제공하는 SimBio는 생물학의 주요 개념과 탐구 중심의 학습을 위한 소프트웨어를 제공한다. 이 회사가 제공하는 프로그램을 통해 학생들은 실제 실험을 수행하기에 매우 어렵거나 많은 비용이 드는 생물학 분야에서 실습을 과학자들에 의해 수행되는 것과 유사한 수준에서 실감이 나는 모의실험을 제공한다.



그림 2. SimBio의 시뮬레이션

랩스터는 수학적 알고리즘에 기반한 완전한 형태의 상호작용형 실험실 시뮬레이션 서비스를 제공하는 회사이다. 2020년 1월부터 한국에 서비스를 시작하고 있다. 몰입감 있는 3D 우주, 스토리텔링, 채점시스템 등 게임적인 요소를 많이 포함시킨 학습자료를 개발하여 유료로 제공하고 있다. 미국의 많은 대학에서 실제 랩스터를 활용하고 있다.

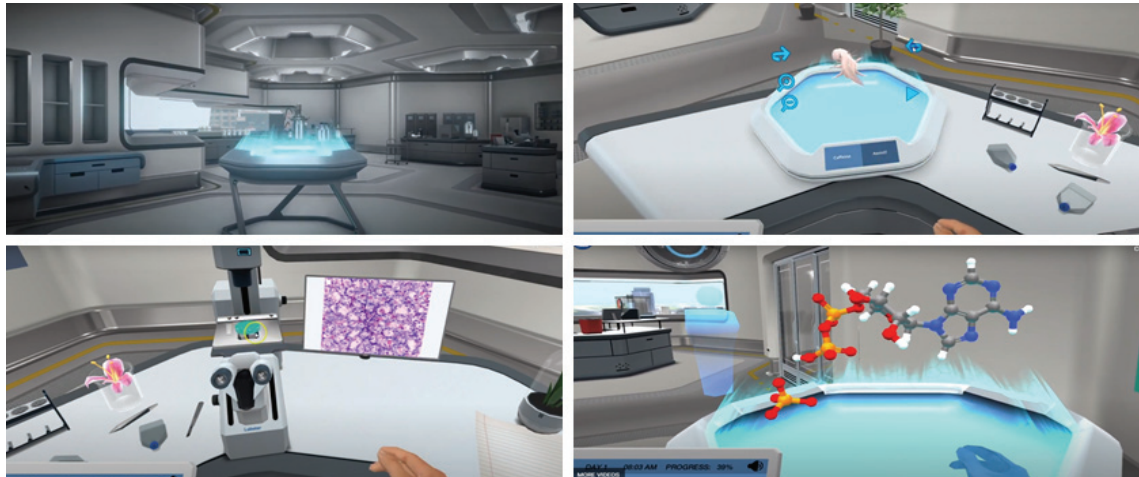


그림 3. 랩스터 가상실험실

#### IV. 과학학습을 위한 비대면 원격 수업

원격수업은 필수적으로 온라인을 통해 이루어져야 하므로, 교실현장에서 대면으로 이루어지는 수업과는 다른 특징을 갖추고 있다. 이 절에서는 최형미, 이동국(2020)의 연구를 기초로 하여 원격수업에서 갖춰야 하는 요소들을 정리한다. 먼저, 온라인에서 화상회의 등 다양한 시스템을 통해 이루어지는 원격수업에서 교사와 학생 모두 시스템에 대한 이해가 충분해야 된다. 수업의 중심이 되는 교사는 컴퓨터, 스마트 기기, Zoom과 같은 화상회의 프로그램의 사용 방법을 알고 있어야 한다. 특히 컴퓨터와 스마트 기기의 경우에는 일상적으로 많이 활용해 왔지만 화상회의 시스템은 그 동안 자주 활용하지 않았기 때문에 익숙하지 않다. 과학교과 교육에서는 다양한 영상 자료, 이미지 자료 등을 학생들에게 보여줘야 되는 경우가 많으며, 복잡한 수식이나 기호를 바탕으로 하는 수업에서는 교사의 필기가 화면에 보여야 된다. 대부분의 화상회의 시스템에서는 영상 공유와 필기 기능을 갖추고 있으나 교실현장에서와 같이 자연스럽게 활용되기는 매우 어렵다. 따라서 교사가 이와 같은 도구들에 대해서 익숙할 경우 수업의 효과에 큰 영향을 미친다(이동국, 2015). 마찬가지로 학생도 원격수업위한 기본적인 이해가 있어야 된다. 화상회의 시스템에 접속하고, 즉각적으로 교사의 질문에 반응하거나 대답하기 위해서는 화상회의 시스템에 대한 이해가 필수적이다.

두 번째로, 효과적인 원격수업을 위해서 교수 방법을 기술적 요소를 함께 포함하여 구성해야 된다. 과학교과에서 강의식 수업 이외에 탐구수업이나 복잡한 현상을 이해해야 되는 수업일 경우에는 다양한 기술적 요소(시뮬레이션, 가상환경실험)를 복합적으로 활용하여 수업을 구성해야 된다. 교실현장에서 과학 수업을 진행할 경우에도 교사의 설명, 시범 실험, 조별 실험 및 토의, 발표 및 상호 평가 등 다양한 활동들이 포함된다. 마찬가지로 원격수업 상황에서도 과학수업은 다양한 요소들이 포함되어야 할 것이다. 활동별로 구현할 수 있는 기술적 요소

가 매우 다르기 때문에 한 수업을 구성하기 위해서 다양한 요소들을 복합적으로 활용해야 된다. 예를 들어서 화상회의 시스템으로 원격 수업을 진행하면서 학생들은 가상실험을 위해서 시뮬레이션에 접속해야 하는 상황이 발생한다. 이와 같이 다양한 기술들을 교육에 활용하기 위해서는 교사가 온라인에 적합한 다양한 기술이나 요소들을 이해하고 있어야 하며, 그것을 적절히 교실현장에 활용할 수 있는 교수내용지식(Pedagogical and Contents Knowledge)를 갖추어야 한다. 특히 기술적 요소들을 교수학습 상황에 적용시키는 교수내용지식인 TPACK (Technological, Pedagogical and Content Knowledge)가 중요하다(Koehler & Mishra, 2009).

세 번째, 원격수업에서 학생들과 끊임없는 상호작용을 효율적으로 만들어야 된다. 과학교과와 경우에는 복잡한 자연현상을 설명해야 되는 경우가 많아, 학생들의 이해를 실시간으로 확인하면서 수업을 진행해야 된다. 대부분의 경우 학생들은 선행개념을 가지고 있기 때문에 교사가 제공하는 과학적 개념과 선행개념 사이에 의미 있는 갈등이 일어나야 된다. 교실현장에서 교사는 학생들과 매우 긴밀하게 질문과 대답을 통해 상호작용하면서 학생들의 이해를 확인하고 그에 맞는 설명을 제공하는 과정을 통해 복잡한 과학개념의 이해를 만들어 간다. 원격수업에서도 서로의 얼굴과 표정을 확인할 수 있고, 질문과 대답을 할 수 있는 것은 같으나 그 과정에서 약간의 시간적 차이와 익숙하지 않는 부자연스러움으로 인하여 실재감이 부족한 것은 사실이다. 따라서 원격 상황에서도 사회적 실재감을 높일 필요가 있다. 사회적 실재감은 원거리에 있는 사람끼리 기술적 요소를 매개로 하여 만날 때 타인을 인식하고 함께 공존하고 있음을 느끼는 심리적 기술로서 원격수업의 어색함과 심리적 거리를 줄일 수 있는 방법이다(Short, Williams, & Christie, 1976). 특히, 원격 수업에서 학생들은 또래들과 사회적 활동을 할 기회가 없기 때문에 심리적 거리가 존재할 수 밖에 없으며, 그로 인하여 원격상황에서 이루어지는 집단토의나 조별 과학탐구활동에서 어색함과 불편함이 존재한다(권성연, 2016). 과학교과에서는 공감과 의사소통역량을 중요한 탐구 기능으로, 과학핵심역량으로 중요하게 고려하고 있으며, 많은 과학활동이 조별활동으로 이루어지고 있다. 이와 같은 상황에서 사회적 실재감을 높이기 위해서는 학생들이 지속적으로 정서적 상호작용과 교류가 필요하다(권성연, 2012; Gillies, 2008). 또한 교사는 학생들이 상호작용을 효율적으로 할 수 있도록 중간에서 촉진자의 역할을 해야 된다. 교실현장에서 이루어지는 많은 조별활동에서도 학생들은 어떻게 조별 활동을 이끌어가고 의사소통을 해야되는지 몰라 머뭇거리는 일을 흔하다. 따라서 교사는 끊임없이 순회지도를 통해 학생들과 가까이에서 학생들의 상호작용을 촉진하는 역할을 수행한다(강민석, 김명량, 2014).. 원격상황에서도 이와 같은 것은 마찬가지이다. 대신에 물리적 환경에서는 교사가 모든 조별의 상황을 한 번에 확인할 수 있지만 원격 상황에서는 그렇지 못한 경우가 많다. 화상회의 시스템에서 소집단 기능이 있긴 하지만 교사가 일일이 소집단에 들어가서 학생들의 상황을 확인하고, 어떻게 활동을 하고 있는지 들어가서 확인해야 된다. 대면과 비대면 상관 없이 상호작용의 양과 질은 과학수업의 질을 결정하는 중요한 지표이다(이성주, 2009). 따라서 교사는 온라인 비대면 상황에서 학생들이 끊임없이 상호작용을 할 수 있도록 촉진할 수 있는 전략이 요구된다(Fillion, Limayem, & Bouchard, 1999).

마지막으로, 원격과학수업을 위한 풍부한 학습콘텐츠와 안정적인 시스템이 필요하다. 학습콘텐츠의 질은 과학교실수업의 질을 결정짓는 중요한 요소이다. 과학교과는 다른 교과와 달리 이미지, 동영상, 시범실험 등 다양한 교육컨텐츠가 필요한 교과이다. 훌륭한 교육컨텐츠를 사용하는 것이 학생들의 이해를 높이는데 크게 영향을 미친다. 이와 같은 점은 원격 상황에서도 마찬가지이다. 과학교사가 원격수업에서 활용할 수 있는 다양한 학습콘텐츠를 검색하고 쉽게 활용할 수 있도록 해 주어야 할 것이다. 특히 각 교과와 관련이 있는 동영상 자료, 가상실험실, 시뮬레이션 등을 활용하기 좋도록 구성하여 제공할 필요가 있다. 교사 개개인이 직접 발굴하여 자신의 교

수학습 상황에 활용할 것을 요구하면 교사의 수준과 노력에 따라 교육의 질의 차이가 크게 날 수 있다. 따라서 즉각적으로 활용할 수 있도록 학습컨텐츠를 제공하고, 안정적으로 운영될 수 있는 온라인 환경을 조성해야 된다. 또한 교사도 제공된 학습컨텐츠를 자신의 수업에 효과적으로 활용할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

## V. 나가며

비대면 온라인 원격교육은 COVID-19로 인하여 교실 현장에 교육 관계자들의 의지와 관계없이 도입되었지만, 오래전부터 교육현장에 도입하고자 하였던 미래교육의 한 방법이었다. 그 이유는 개인 컴퓨터와 온라인 기반의 교육이 개별화 맞춤형 교육을 실현하고, 교사가 창의교육에 더 많은 시간과 노력을 들일 수 있는 유일한 대안이었기 때문이다. 인터넷, 개인 컴퓨터, 동영상 기술, 화상회의 솔루션 등 다양한 ICT 기술의 개발로 온라인 원격교육이 더 수월해지고 있기 때문에 비대면 온라인 교육은 교육현장에 더욱 다양한 모습을 만들어 내는 중요한 기회가 될 수 있다.

과학교육 종합계획에 제시된 3가지 화상수업 모델 유형은 비대면 원격교육이 활성화 되고 교사와 학생이 모두 기술적, 환경적 요소들에 익숙해지는 시점에서 화상수업이 대면수업보다 더 많은 장점이 있음을 보여주고 있다. 비대면 원격교육이 교실이라는 물리적 제한이 없으며, 시간적 제한도 없음을 활용하여 학생들은 더 많은 경험을 할 수 있다. 특히 과학교과에서 강조하는 창의 교육, 융합교육, 협동 교육, 직업 교육 등을 고려하였을 때 과학교과는 비대면 환경일 때 더 큰 장점을 보일 수 있다. 예를 들어 합동수업형의 경우 학생들은 더 많은 학생들과 협업하고, 자신의 의견을 나눌 수 있는 기회를 제공받는다. 예를 들어서 겨울에 강원도 영동과 영서 지방의 학생들이 동시간에 함께 온라인에서 날씨에 관한 수업을 받는다면 같은 위도상에 있는 지역이라도 매우 다른 날씨 현상을 확인하고 시베리아 북서풍의 영향을 이해할 수 있을 것이다. 교사지원형 수업의 경우에는 전문가와 교사가 함께 학생들을 지도할 수 있는 여건을 마련해줌으로서 과학전문가와 함께 수업을 구성할 수 있고, 학생들은 보다 실감 나는 과학현장의 이야기를 들을 수 있다. 교과 과목 충실형의 경우 물리, 화학, 생물, 지구과학으로 세분화된 교사자격증 제도로 인하여 일부 학교에서 학생들이 원하는 수업을 들을 수 없을 경우 온라인 학습으로 학생들의 과학학습 기회를 제공할 수 있다.

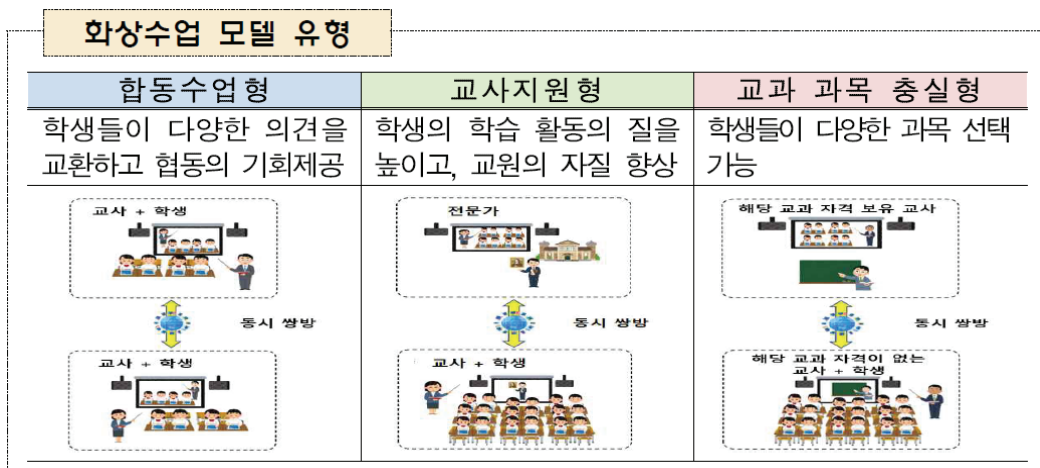


그림 4. 과학교육 종합계획

2장에서 설명한 바와 같이 과학수업이 단순히 강의에만 국한하지 않고, 실험과 토론, 조사, 견학 등 다양한 방법으로 이루어지고 있으며, 모든 과학교육의 방법이 비대면 상황에서 쉽게 구현되지는 않는다. 복잡한 과학개념에 대한 설명, 학생 중심의 탐구활동, 과제연구와 같은 프로젝트형 수업의 경우 비대면 원격수업 상황에서는 많은 어려움이 있다. 하지만 생각을 바꾸어, 비대면 원격으로 가능한 과학수업은 최대한 비대면 온라인으로 진행할 수 있는 환경을 조성하는 것이 교사의 더 많은 관심과 지도가 요구되는 복잡한 과학개념의 이해, 학생중심의 탐구활동을 과학교실현장에서 더 많이 이루어지도록 하는 전략일 수 있다. 또한, 그동안 과학교육뿐만 아니라 교육 전반에서 논의되고 있는 학생주도적 교육을 더 촉진할 기회일 수 있다. 학생들은 가정과 야외에서 교사의 지도 없이 스스로 과학 탐구를 수행할 수 있다. 복잡한 과학 장치가 없어도 가능한 탐구나 실험도 진행할 수 있다.

마지막으로 과학수업의 유형별 대면과 비대면 중 어떤 형태가 더 적합한지에 대한 내용을 표 4에 제시하고 글을 마친다. 코로나 2단계 상황에서도 일부 등교 수업이 이루어지고 있기 때문에 대면과 비대면 교육을 적절히 조합한 교육일 경우 전염병 창궐이라는 국가적 재난 상황에서도 충분히 과학교육이 이루어질 수도 있을 것이다. 그리고 이와 같은 재난적 상황이 아니더라도 대면과 비대면 수업을 적절히 과학교육에 활용한다면 개별화 수업은 촉진될 수 있으며, 창의·융합 수업은 더 활성화 될 수 있다.

표 4. 과학수업유형별 대면과 비대면 교육의 비교

과학 수업 유형		대면	비대면
강의	단순 개념 학습		○
	복잡한 개념 학습	○	
실험	안내된 확인 실험		○
	개방된 탐구 실험	○	
토론 수업			○
조사			○
견학		○	

## VI. 참고문헌

- 강민석, 김명량 (2014). 온라인 수업에서의 교수자 역할 측정도구 개발. *교육정보미디어연구*, 20(4), 521-545.
- 계보경, 강민아, 신효은 (2020). Eduteck Trend#7: 비대면 학습과 소통을 위한 원격화상회의의 도구 조사·분석. 한국교육학술정보원.
- 권성연 (2012). 온라인 수업의 조별 상호작용에서 나타난 사회적 실재감의 양상: 메시지 분석을 중심으로. *교육정보미디어연구*, 18(2), 147-175.
- 권성연 (2016). 온라인 학습환경에서 사회적 실재감 하위요인이 지각된 토론효과에 미치는 영향. *교육정보미디어연구*, 22(1), 1-29..
- 김준규, & 박영태. (2002). 과학탐구 컴퓨터 시뮬레이션의 지각적 충실도와 조언이 유아의 과제성취도 및 초인지에 미치는 효과. *아동학회지*, 23(2), 49-69.

- 김형욱, & 송진웅. (2020). 유튜브 과학 채널에 대한 이용실태 분석 및 채널 판별 예측 모형 평가-소셜 빅데이터 분석 및 머신 러닝 활용을 중심으로. *교육공학연구*, 36(2), 383-412.
- 박재근, & 반승록. (2004). 중학교 [식물의 증산 작용] 단원에서 가상 실험실 프로그램을 활용한 수업의 효과. *생물교육*, 32(3), 213-223.
- 유승현, 이은실 (2001). 효율적인 원격화상수업의 방향(연구보고서 01-4). 포항공과대학교 대학교육개발센터.
- 이동국 (2015). 교사의 테크놀로지 활용에 영향을 미치는 변인에 대한 메타분석. *교육정보미디어연구*, 21(1), 91-110.
- 이성주 (2009). 면대면 수업과의 관련, 교수자의 관여수준에 따른 온라인 협력학습의 과정과 결과. *교육공학연구*, 25(3), 35-56.
- 이지수, 심현애, 김경연, & 이강성. (2010). 증강현실 기반 학습프로그램이 학습동기 및 학업성취도에 미치는 영향: Keller 의 동기설계 모형을 적용한 초등과학 학습프로그램의 개발 및 적용. *교육의 이론과 실천*, 15(1), 99-121.
- 이창윤, 박철규, & 홍훈기. (2019). 중등 과학교육에서 증강현실의 활용 및 발전방안 탐색. *학습자중심교과교육연구*, 19(2), 265-292.
- 최형미, & 이동국. (2020). COVID-19 에 따른 중등 교사의 원격수업에 대한 경험 탐색. *학습자중심교과교육연구*, 20, 1047-1071.
- Fillion, G., Limayem, M., & Bouchard, L. (1999). Videoconferencing in distance education: A study of student perceptions in the lecture context. *Innovations in education and training international*, 36(4), 302-319.
- Gillies, D. (2008). Student perspectives on videoconferencing in teacher education at a distance. *Distance Education*, 29(1), 107-118.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.
- Short, J., Williams, E., & Christie, B. (1976). *The social psychology of telecommunications*. London: John Wiley & Sons.

## 맞춤형 과학 수업과 인공지능의 활용

단국대학교 조현국



맞춤형 과학 수업과 인공지능의 활용

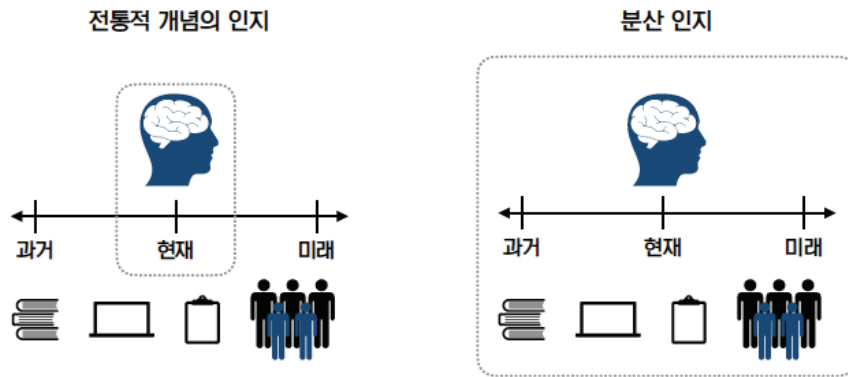
조현국 (단국대학교 교육대학원)

[hjho80@dankook.ac.kr](mailto:hjho80@dankook.ac.kr)



---미래의 교실, 어떻게 될까?-----

학습 개념에 대한 전환



학습의 시간과 공간, 학습의 주체에 대한 개념이 변화하고 있다.



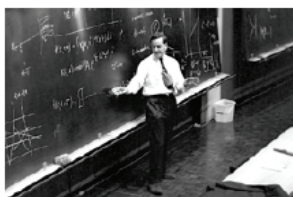
---미래의 교실, 어떻게 될까?-----

학습 개념에 대한 전환

언제, 어디서든 쉽게 학습할 수 있다.



누구나 가르치고 배울 수 있다.



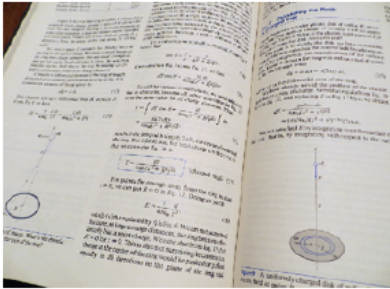




---미래의 교실, 어떻게 될까?---

학습 개념에 대한 전환

가르쳐야 하는 내용이 점점 빠르게 변화하고 있다.

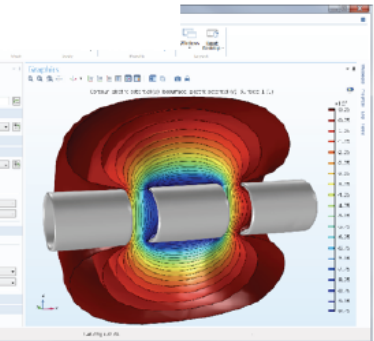


I 인공지능과 함께

1. 인공지능의 개요
  - ▶: 인공지능이란 무엇인가? 12
  - ▶: 인공지능이 우리 생활 속대? 20
2. 지능 정보 사회의 미래
  - ▶: 인공지능의 인본론? 30
  - ▶: 지능 정보 사회에 필요한 역량은? 31
3. 인공지능과 윤리
  - ▶: 왜 인공지능 윤리가 중요합니까? 36
  - ▶: 인공지능 윤리의 범용성? 40
4. 지식의 표현과 추론
  - ▶: 논리 지식은 무엇인가? 48
  - ▶: 논리 지식을 어떻게 표현합니까? 62
  - ▶: 추론 표현된 지식을 어떻게 이용합니까? 90

II 인공지능과 데이터

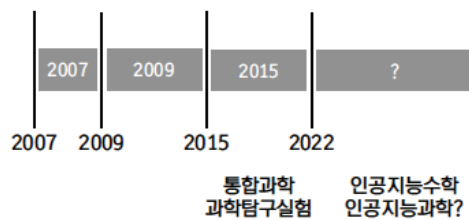
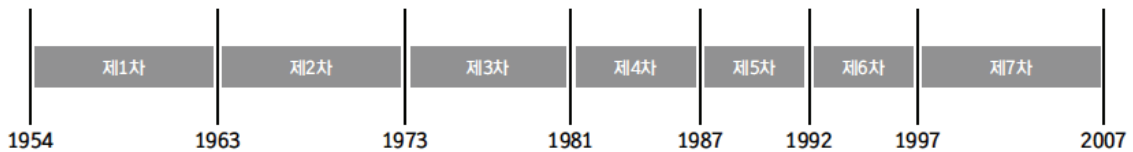
1. 데이터 수집과 정제
  - ▶: 데이터는 어떻게 수집할 수 있을까? 76
  - ▶: 어떤 분석이 쉽게 데이터를 처리하는 것일까? 78
2. 데이터 시각화와 분석
  - ▶: 데이터로 어떻게 표현할 수 있을까? 96
  - ▶: 어떤 분석으로 문제를 해결할 수 있을까? 100
3. 머신러닝 기초
  - ▶: 왜 있거나 없을까? 114
  - ▶: 어떤 요소를 최소로 만들려면? 117



---미래의 교실, 어떻게 될까?---

학습 개념에 대한 전환

가르쳐야 하는 내용이 점점 빠르게 변화하고 있다.



우리가 생각하는 모든 경계가 무너지고 있다!



---탈경계의 시대---

인간, 그리고 배운다는 것, 어떻게 정의해야 하는가?





--- 탈경계의 시대 ---

인공지능에 대한 두 가지 관점, 기호주의와 연결주의

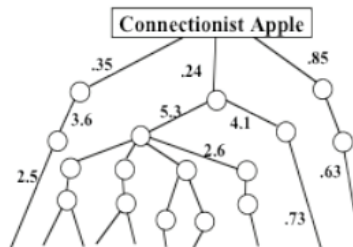
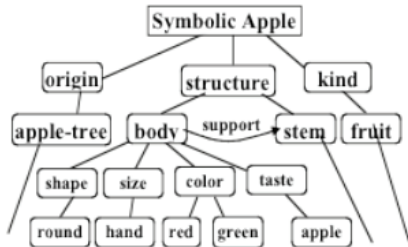
기호주의
· 기호의 표현과 처리를 통해 지능을 구현하려는 시도
· 대표적인 지식 표현 기법
- 의미 네트워크
- 프레임
- 스크립트
- 규칙기반 표현
- 논리기반 표현

VS

연결주의
· 인간의 신경조직을 모형화한 것으로, 간단한 기능의 단위처리기들을 대규모로 연결시킨 네트워크 구조, 학습에 의한 문제해결 방식의 구축
· 대표적인 지식 표현 기법
- RNN(Recurrent Neural Network)
- LSTM(Long Short Term Memory)
- GAN(Generative Adversarial Network)
- 전이학습(Transfer Learning)

언어 처리에 효과적이고 메커니즘을 이해할 수 있음

잡음에 강하고 학습하지 않은 데이터도 효과적임



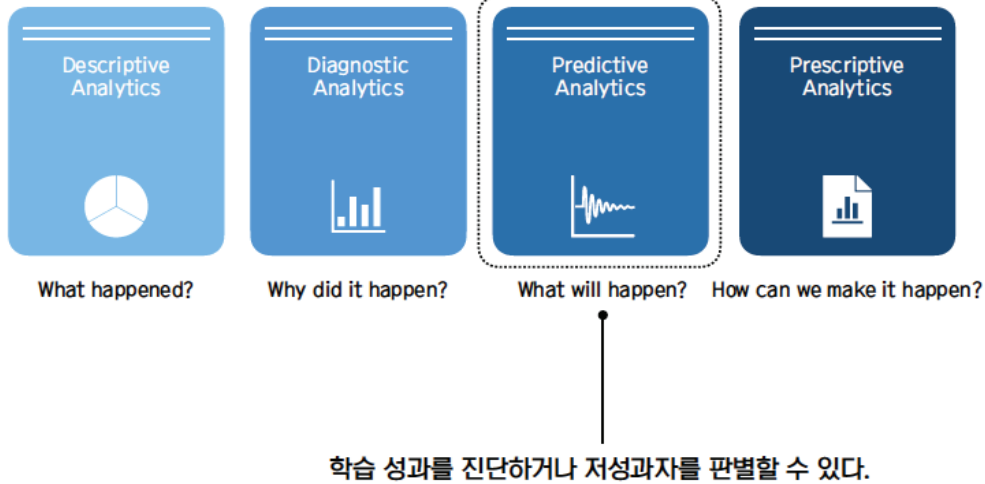
**우리는 무엇을 할 수 있을까? (해야 할까?)**



--- 인공지능을 활용한 교육

과학 학습에서의 진단과 예측

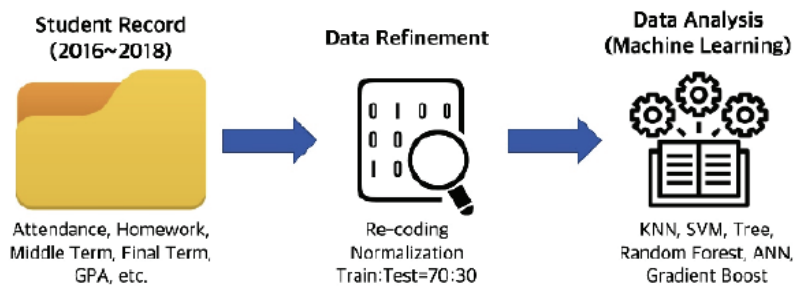
학습 분석에 대한 여러 유형과 특징



--- 인공지능을 활용한 교육

과학 학습에서의 진단과 예측

온라인 학습에서의 학습자 정보를 활용한 학습자 성과 예측



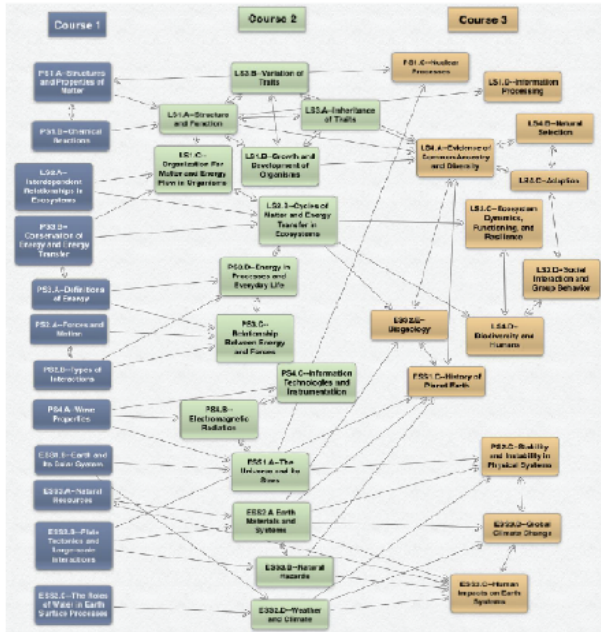
Jho, H. (2018). Exploration of Predictive Model for Learning Outcomes of Students in the E-learning Environment by Using Machine Learning. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(21), 553-572.



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

과학 학습 진단 및 체계를 위한 프레임워크 및 도구 개발

미국 차세대 과학교육표준(NGSS)의 개념에 대한 이수 체계 구성(Learning Progression Map)

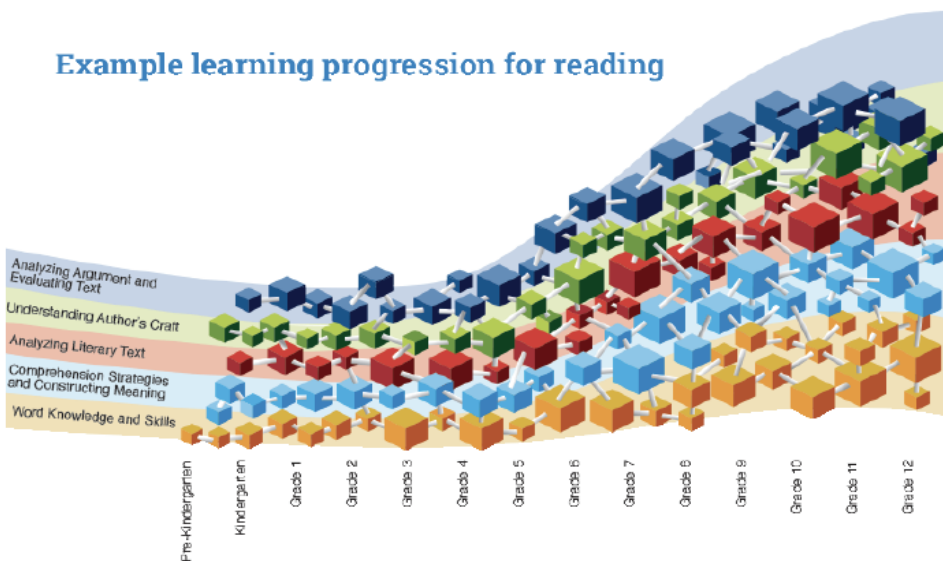


--- 인공지능을 활용한 교육 ---

과학 학습 진단 및 체계를 위한 프레임워크 및 도구 개발

학습자 수준 진단을 위한 과학 학습 내용에 대한 이수 체계

Example learning progression for reading



1b. Learning progression for reading is a research-based continuum to guide teaching and learning over time so that student competence in reading can be advanced consistently and continuously.



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

과학 학습 진단 및 체계를 위한 프레임워크 및 도구 개발

학습자 수준 진단을 위한 과학 학습 내용에 대한 이수 체계



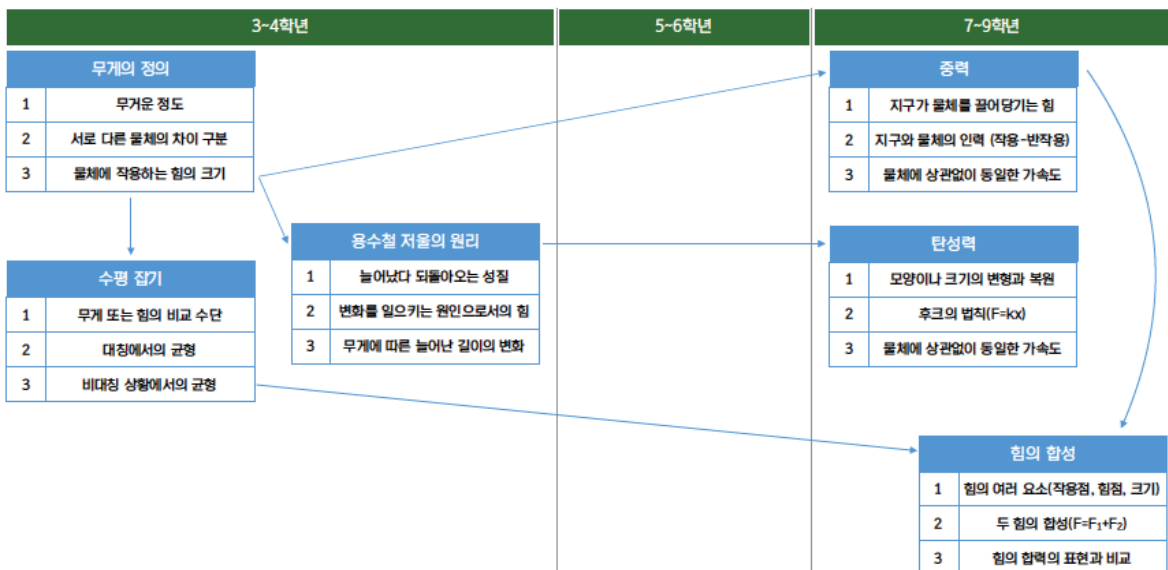
	K-2	3-5	6-8	9-12
PS3.C Relationship between energy and forces	Bigger pushes and pulls cause bigger changes in an object's motion or shape.	When objects collide, contact forces transfer energy so as to change the objects' motions.	When two objects interact, each one exerts a force on the other, and these forces can transfer energy between them.	Fields contain energy that depends on the arrangement of the objects in the field.
PS3.D Energy in chemical processes and everyday life	Sunlight warms Earth's surface.	Energy can be "produced," "used," or "released" by converting stored energy. Plants capture energy from sunlight, which can later be used as fuel or food.	Sunlight is captured by plants and used in a reaction to produce sugar molecules, which can be reversed by burning those molecules to release energy.	Photosynthesis is the primary biological means of capturing radiation from the sun; energy cannot be destroyed, it can be converted to less useful forms.
PS4.A Wave properties	Sound can make matter vibrate, and vibrating matter can make sound.	Waves are regular patterns of motion, which can be made in water by disturbing the surface. Waves of the same type can differ in amplitude and wavelength. Waves can make objects move.	A simple wave model has a repeating pattern with a specific wavelength, frequency, and amplitude, and mechanical waves need a medium through which they are transmitted. This model can explain many phenomena including sound and light. Waves can transmit energy.	The wavelength and frequency of a wave are related to one another by the speed of the wave, which depends on the type of wave and the medium through which it is passing. Waves can be used to transmit information and energy.
PS4.B Electromagnetic radiation	Objects can be seen only when light is available to illuminate them.	Object can be seen when light reflected from their surface enters our eyes.	The construct of a wave is used to model how light interacts with objects.	Both an electromagnetic wave model and a photon model explain features of electromagnetic radiation broadly and describe common applications of electromagnetic radiation.
PS4.C Information technologies and instrumentation	People use devices to send and receive information.	Patterns can encode, send, receive and decode information.	Waves can be used to transmit digital information. Digitized information is comprised of a pattern of 1s and 0s.	Large amounts of information can be stored and shipped around as a result of being digitized.



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

과학 학습 진단 및 체계를 위한 프레임워크 및 도구 개발

학습자 수준 진단을 위한 과학 학습 내용에 대한 이수 체계



작고 다양한 단위의 개념으로 분화하고 조개야 한다!



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

과학 학습 진단 및 체계를 위한 프레임워크 및 도구 개발

과학 학습 진단에 대해 개발된 여러 가지 검사 도구들 (예시: 힘과 운동)

Force Concept Inventory	고등학생 및 대학 신입생 수준 (힘과 운동, 사전/사후, 선다형 문항)
Force and Motion Conceptual Evaluation	고등학생 및 대학 신입생 수준 (힘과 운동 및 에너지와 역학, 사전/사후, 선다형 문항)
Test of Understanding Graphs in Kinematics	고등학생 및 대학 신입생 수준 (운동 및 그래프 표현, 사전/사후, 선다형 문항)
Energy and Momentum Conceptual Survey	대학 신입생 수준 (에너지 및 운동량, 사전/사후, 선다형 문항)
Rotational Kinematics Inventory	대학 신입생 수준 (입자의 직선/회전 운동 및 강체의 회전 운동, 선다형 문항)
Colorado Classical Mechanics Instrument	대학 2~4학년 수준 (일반역학 수준, 사전/사후, 단답형)
Energy Concept Assessment	대학 신입생 수준 (일과 에너지의 보존 및 전환 등, 사전/사후, 선다형 문항)
Inventory of Basic Concepts - Mechanics	고등학생 및 대학 신입생 수준 (힘과 운동, 사전/사후, 선다형 문항)

다양한 개념별 학습자의 수준이나 이해 유형을 진단할만큼 다양하지 않다.

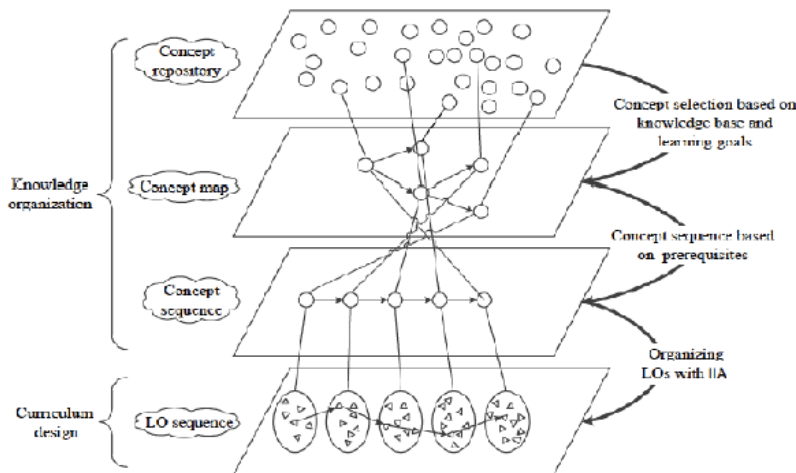


--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)

“학습자 개개인의 능력이나 스타일에 맞게 학습 정보와 학습량, 학습 방법 등을 맞춤형으로 제공하는 학습법”



Bian, C.-L., Wang, D.-L., Liu, S.-Y., Lu, W.-G., & Dong, J.-Y. (2019). Adaptive learning path recommendation based on graph theory and an improved immune algorithm. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 13(5), 2277-2298.

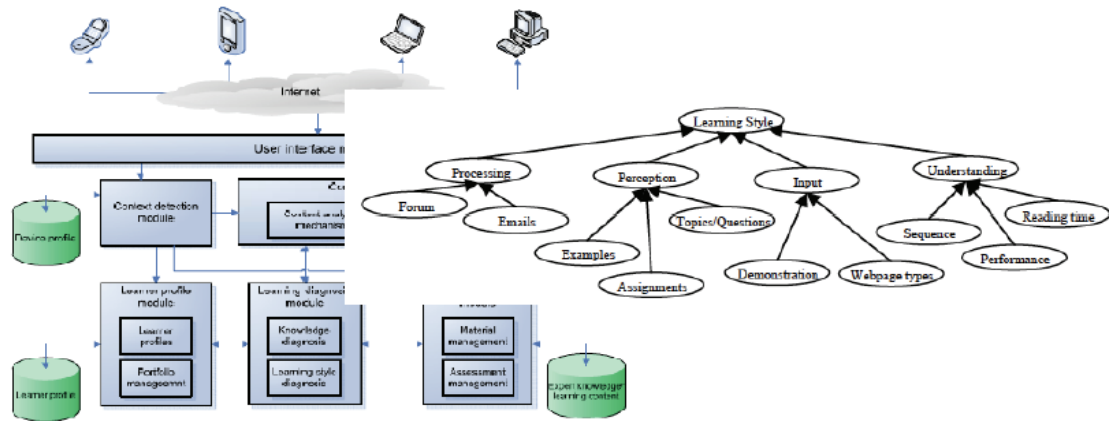


--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)

“학습자 개개인의 능력이나 스타일에 맞게 학습 정보와 학습량, 학습 방법 등을 맞춤형으로 제공하는 학습법”



Huang, H.-C., Wang, T.-Y., & Hsieh, F.-M. (2012). Constructing an adaptive mobile learning system for the support of personalised learning and device application. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 332-341.

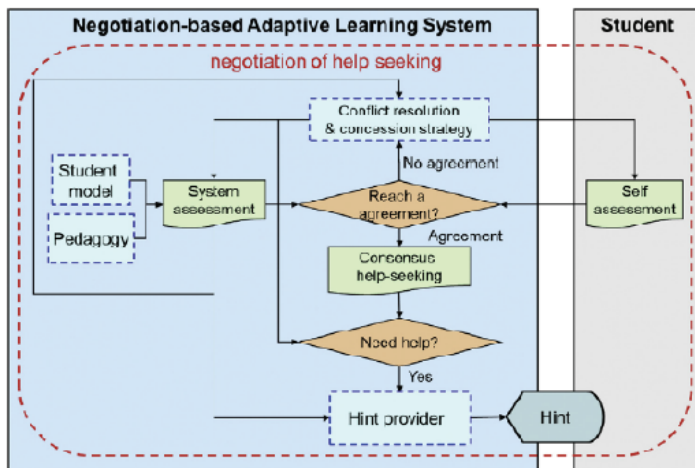


--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)

“학습자 개개인의 능력이나 스타일에 맞게 학습 정보와 학습량, 학습 방법 등을 맞춤형으로 제공하는 학습법”



Choua, C.-Y., Lai, K. R., Chao, P.-Y., Tseng, S.-F., & Liao, T.-Y. (2018). A negotiation-based adaptive learning system for regulating help-seeking behaviors. *Computers & Education*, 126, 115-128.



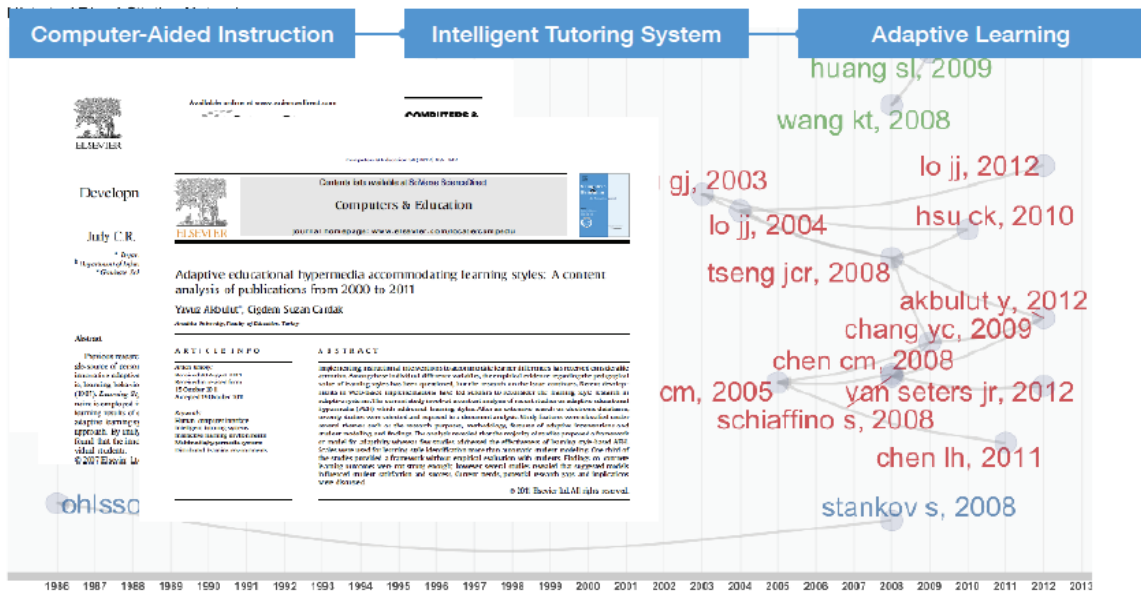


인공지능을 활용한 교육

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)

Web of Science (Clarivate Analytics)에서 약 510건의 관련 논문이 추출, 검색 가능함



Intelligent tutors vs. Adaptive learning

The intelligent tutors were created in early 1980, at the time when artificial intelligence was in fashion. The AI was based on rule based systems where certain rules were created based on the expert knowledge to provide feedback in real time. So the tutors normally were very domain specific.

For example math tutors were fed with a knowledge representation for the domain of math with expert rules that were fired when a learner was doing a mathematical task. Based on the answers of a given task subsequent scenarios were presented. Each scenario steps led to certain rules that provided led to inference by the intelligent tutor to provide certain feedback or practice test.

By repeated task and feedback intelligent tutors were able to provide reasonable response to each mistake made by the user in their understanding of the mathematical concept. While tutors worked well for a specific domain that was deterministic in nature they failed in areas where there were no correct deterministic answers. Because, there were no if-then-else rules that you could fire in an area like interpretation of poetry.

The Adaptive Learning Systems on the other hand represent knowledge in distinct cognitive pathways such as apprentice, incidental, inductive deductive and discovery -- providing same content in a different contextual framework thereby providing significant cognitive opportunity to learn. Also in the education adaptive learning systems the feedback is given in a different learning pathway to provide another perspective on the same problem.

Therefore, the an authentic adaptive learning systems is not domain specific and can provide better learning for both scientific disciplines with deterministic answers to domains where the answers are more based interpretation style and there no correct answer.

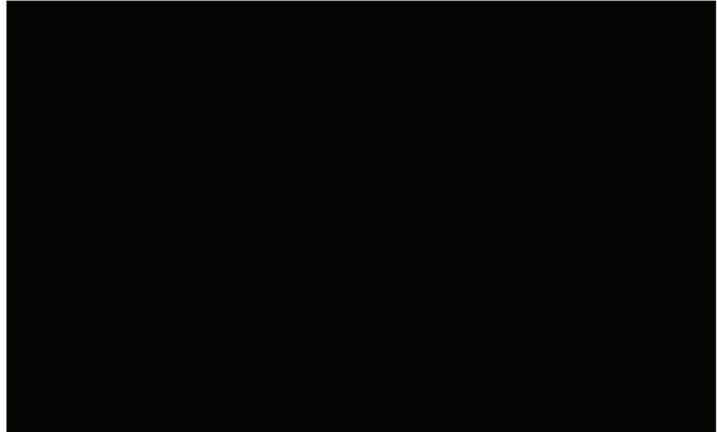
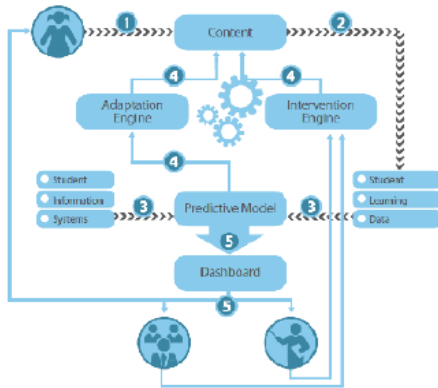
<https://www.youtube.com/watch?v=cGwibPdHS8Y>



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)의 개발 사례: DreamBox for primary/secondary level

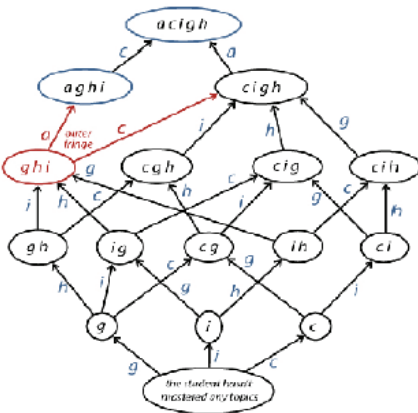


--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)의 개발 사례: ALEKS for K-12 and tertiary level

**McGraw Hill ALEKS®** Assessment and Learning in Knowledge Spaces

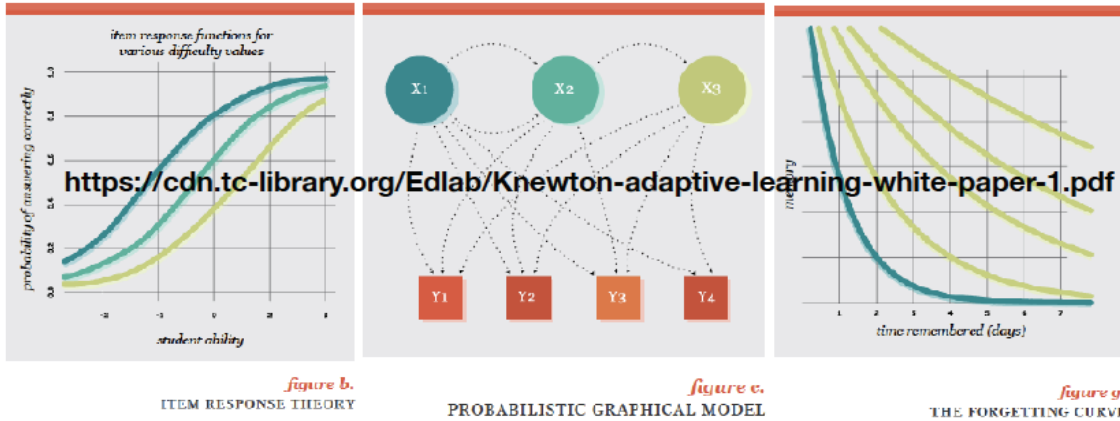




--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

적응형 학습(Adaptive Learning)의 개발 사례: Knewton's ALTA for college level



<https://cdn.tc-library.org/Edlab/Knewton-adaptive-learning-white-paper-1.pdf>

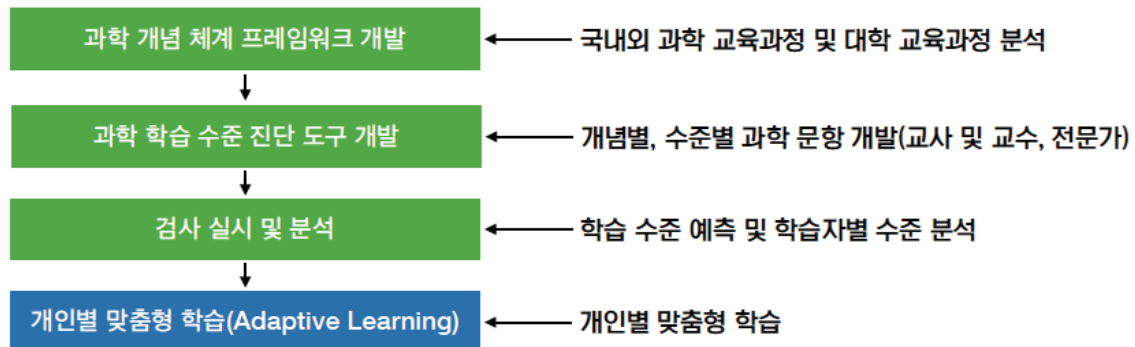
<https://cdn.tc-library.org/Edlab/Knewton-adaptive-learning-white-paper-1.pdf>



--- 인공지능을 활용한 교육 ---

적응형 학습을 활용한 개인별 맞춤형 학습 시스템의 도입

과학교육에서의 적응형 학습을 도입하기 위한 과정





One More Thing?



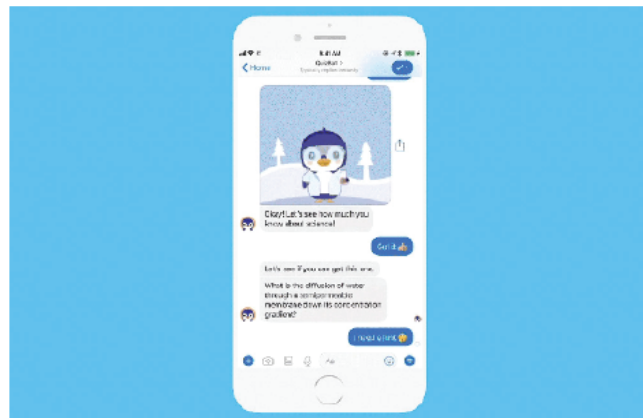
--- 인공지능을 활용한 교육 ---

딥러닝과 머신러닝을 활용한 텍스트 데이터의 분석과 평가

텍스트를 기반으로 한 자동 질문 생성을 활용한 문제 만들기 및 평가

# SMILE

Stanford Mobile Inquiry-based Learning Environment





## --- 인공지능을 활용한 교육 ---

### 딥러닝과 머신러닝을 활용한 텍스트 데이터의 분석과 평가

#### 텍스트를 기반으로 한 자동 질문 생성을 활용한 문제 만들기 및 평가

크레존 소개 | 이용안내 | 회원가입 | 로그인 | 고객센터 | 자료실

reZone

회원관리자 신청 | 로그인 등록

창의교육 | 창의적 체험활동 | 크레존 커뮤니티 | 크레존 이야기 | 크레존 콘텐츠

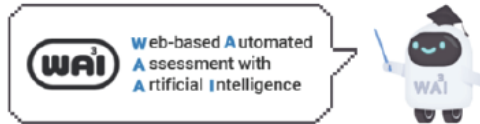
크레존 콘텐츠

- 창의적 진로체험 가이드
- 학부모 강의제휴+
- 딥러닝 학습지원 프로그램
  - 소개
  - 활용 가이드
  - 문서 보기

#### WAI AI 서술형 학습지원 프로그램

입학

#### | 서비스 소개



**WAI(와이)**는 인공지능을 활용한 평가판 자동평가(Web-based Automated Assessment with Artificial Intelligence)의 명문 약자로 학생들이 원상에 대한 의문 '왜(Why, 와이)?'에 대한 설명을 효과적으로 구성할 수 있도록 돕는 온라인 교육 프로그램을 뜻합니다.

교육부의 한국과학창의재단이 지원하여 개발되는 WAI프로그램은 인공지능을 활용하여 학생들이 문제에 대하여 자신의 설명을 완성하면서 서술형 평가를 대비할 수 있도록 개발되었습니다. 미래는 제시된 답에서 정답을 고르는 것이 아닌 문제를 읽고 자신의 지식과 생각을 바탕으로 합리적이고 논리적인 설명을 구성할 수 있는 능력이 필요합니다.



## --- 인공지능을 활용한 교육 ---

### 딥러닝과 머신러닝을 활용한 텍스트 데이터의 분석과 평가

#### 과학 학습과 관련된 다양한 데이터 분석을 통한 질의응답 데이터셋과 사전의 구성



**Passage:** Tesla later approached Morgan to ask for more funds to build a more powerful transmitter. **When asked where all the money had gone, Tesla responded by saying that he was affected by the Panic of 1901,** which he (Morgan) had caused. Morgan was shocked by the reminder of his part in the stock market crash and by Tesla's breach of contract by asking for more funds. Tesla wrote another plea to Morgan, but it was also fruitless. Morgan still owed Tesla money on the original agreement, and Tesla had been facing foreclosure even before construction of the tower began.

**Question:** On what did Tesla blame for the loss of the initial money?

**Answer:** Panic of 1901



## 머신러닝과 딥러닝의 활용을 위한 과학교육의 과제들



### --- 요약 및 정리 ---

맞춤형 과학 학습을 위한 노력과 기대



저성과 학생이나 부진 학생에 대해 사전에 진단하고 대처할 수 있다.

다양한 수준의 학생에 대한 관리와 지도가 가능해진다.

심화된 영역과 전문성을 토대로 지속적인 교육 모델 구축이 가능해진다.



21세기, 과학 교사와 교수자는 더 이상 필요 없는가?

<https://assets.yellowtrace.com.au/wp-content/uploads/2015/03/Surreal-Distorted-Reality-by-Photographer-Erik-Johansson-Yellowtrace-19.jpg>







## 기계학습의 현재 기술 수준과 교육적 활용

서울대학교 조정효

인공지능(AI)의 현재 기술을 얘기하기 위해서는 정말 스스로 생각하는 강한 인공지능과 인간이 짜놓은 알고리즘에 따라 명령을 수행하는 약한 인공지능을 구별할 필요가 있겠다. 아래 논의는 약한 인공지능으로 흔히 불리는 기계학습에 대한 것이다. 기계학습은 크게 분류모형(discriminative model)과 생성모형(generative model)으로 나뉜다. 분류모형은 입력  $X$ 와 출력  $Y$ 로 짝을 이루는 데이터를 학습하는 것으로 ( $X, Y$ )의 데이터에 따라 아래 표와 같은 다양한 일을 할 수 있다.

$X$	$Y$	$P(Y X)$
이미지	라벨	이미지 인식
음성	문장, 음성의 주인공	음성 인식
영어	한글	번역
문장질문	문장대답	챗봇
단어	연결된 단어	문장생성
이미지	연결된 이미지	영상생성
이미지	문장	이미지 설명

여기서 학습이란 수학적으로 표현하면 주어진  $X$ 에 대한  $Y$ 의 가능성인 조건부 확률  $P(Y|X)$ 을 추론하는 작업이라 할 수 있다. 위 표에서 나열한 것처럼 이것은 일반적이고 중요한 문제이기 때문에 이를 해결하기 위한 많은 통계적 방법들이 개발되어있다. 그럼에도 불구하고 최근 기계학습이 크게 유행하는 이유는 신경망을 이용해서 이 문제들을 푸는 획기적인 발전이 있었기 때문이다. 더러닝으로 일컬어지는 이 기술이 가능해진 배경에는 (1) 빅데이터의 생산, (2) 기계학습 알고리즘의 개선, (3) 컴퓨팅 파워의 획기적인 발전이 있었다. 기계학습은 ( $X, Y$ )의 쌍으로 이루어진 데이터를 학습해서 새로운  $X$ 가 주어졌을 때 대응하는  $Y$ 를 높은 정확도로 예측 해낼 수 있게 된다. 과거의 통계적 방법들과는 달리 신경망을 이용한 기계학습은 높은 성능을 보여주지만 한 가지 치명적인 문제가 있다. 기계학습이 끝나면  $X$ 와  $Y$ 의 관계가 신경망에는 표현이 되어 있지만, 그 정보는 우리 인간이 이해하기는 어렵다. 신경망에게 질문을 하면 답은 알려 주지만 왜 그런 답을 얻게 되었는지는 가르쳐 주지 않는 경우이다. 따라서 중요한 의사결정이 필요한 법률적, 윤리적, 의학적인 문제에 신경망을 사용할 때는 특별한 주의가 필요하다.

이번에는 생성모형에 대해서 살펴보자. 분류모형에 사용하는  $(X, Y)$  형식의 짝 데이터와는 달리 생성모형은 라벨 또는 출력  $Y$ 가 따로 존재하지 않고 데이터  $X$ 만 정의되는 경우의 문제를 다룬다. 각 샘플이  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 처럼  $n$ 차원의 자료를 가진 경우를 생각해 보자. 가령  $X$ 라는 학생의 자료는  $X=(\text{키}, \text{몸무게}, \text{형제관계}, \text{가장 좋아하는 과목}, \text{등등})$ 에 해당하겠다. 많은 수의 학생에 대한 이런 자료들이 모여졌을 때, 학생들을 자동으로 군집화하고 데이터 공간에서  $X$ 가 점유하는 확률  $P(X)$ 를 추론하는 알고리즘이 바로 생성모형이 되겠다.  $P(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 을 안다는 것은  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 의 생성원리에 대해 안다는 것이므로, 이런 군집화 역시 매우 일반적이고 중요한 문제이기 때문에 이미 많은 통계적 방법들이 개발되어있다. 의사 결정나무,  $k$  최근접 이웃, 주성분분석, 서포트벡터머신, 등등 매우 많은 훌륭한 방법들이 개발되어 있다. 기계학습에서 신경망을 이용한 생성모형으로 볼츠만머신(Boltzmann machine), 변분오토인코더(Variational Autoencoder), 적대적생성모형(Generative Adversarial Network)가 대표적인 것들이다. 이 군집화 문제 역시 신경망을 이용한 기계학습이 놀라운 성능을 보여주지만, 신경망 내부의 정보를 인간이 이해하기 어렵다는 문제가 여전히 존재한다.

이제 교육 데이터와 기계학습에 대해서 살펴보자. 기계학습에 대한 대강의 소개에서 보았듯이 일반적으로 데이터를  $(X, Y)$  형태로 수집한 경우 분류모형을 적용할 수 있고,  $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$  형태로 준비한 경우 생성모형을 적용해 볼 수 있겠다. 이렇게 수집한 데이터를 분석할 때 전통적인 통계적 방법들을 이용해 볼 수도 있고, 신경망을 이용하는 기계학습을 이용할 수도 있겠다. 학습을 통한 예측의 결과에만 관심이 있다면 신경망을 이용하는 편이 좋은 성능을 발휘하겠지만, 데이터의 어떤 특징을 학습했는지에 대한 해석이 중요한 경우라면 통계적 방법들을 이용하는 것도 좋은 선택이 될 수 있겠다. 학습 알고리즘의 선택에는 이처럼 어떤 데이터를 이용할 것인지, 어떤 문제를 풀려고 하는지가 중요한 판단기준이 되어야 한다. 최근 교육계에서도 빅데이터와 인공지능이 큰 관심을 받고 있다. 실제로 양질의 데이터가 확보될 수 있다면 기계학습 기술은 정확한 학습자 진단 및 평가 그리고 새로운 교육방법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

개별 학생들의 다양한 자료를 대량으로 수집할 수 있다면, 가령 특정 과목을 좋아하고 잘하는 학생들의 특징들을 기계학습으로 추출해 볼 수 있겠다. 과연 어떤 학생들이 물리(또는 화학, 생물, 지구과학)을 좋아하고, 이 학생들이 이 과목을 좋아하게 된 배경은 무엇인지 구체적으로 진단할 수 있겠다. 이런 질문에 대한 지금까지의 연구는 주로 가설 또는 모형 중심의 질적 연구를 하였다면 지금은 대용량의 편견 없는 데이터 중심의 양적 연구가 가능해졌다는 것이 큰 변화라고 하겠다.

빅데이터와 기계학습은 학습자에 대한 진단 및 평가와 더불어 새로운 교육과정을 제시할 수도 있다. 최근 유튜브와 무크 등 수준 높은 온라인 교육 콘텐츠들이 많이 있는데, 이 콘텐츠들 사이의 관계를 정확하게 추론할 수 있다면, 이를 이용해서 학습자에게 흥미 있는 콘텐츠를 추천할 수 있게 된다. 예를 들어 상대성이론에 대해서 알고자 하는 학생이 있다면 어떤 내용을 어떤 순서에 따라서 학습하면 상대성이론에 대해서 원하는 만큼 알 수 있게 되는지 추천을 할 수 있게 된다. 이는 온라인에서 학습자의 수준에 맞고 흥미를 끌 수 있는 도서를 추천하는 것도 마찬가지로 되겠다. 이런 추천 시스템은 학습자 주도형 학습을 가능하게 해 준다.

교육과정과 관련해서 한 가지 더 제안해 보자면, 과학교육에서 수많은 실험의 시행착오 끝에 완성된 이론을 딱딱하게 배우기보다는, 데이터 중심의 학습을 통해서 이론이 정립되는 과정에 대해서 경험해 볼 수 있다면 훨씬 생생한 교육효과를 거둘 수 있다. 가령 질량을 가진 두 물체 사이에 작용하는 중력이론을 아무 고민 없이 받아들이기보다는 행성의 운동에 대한 데이터로부터 케플러의 세 가지 법칙을 직접 확인해보고 이를 설명하는 이론으로서 중력을 학습한다면 중력이론의 훌륭함과 아름다움에서 감동을 느끼고 공감할 수 있겠다. 빅데이터의 시대 그리고 기계학습의 적용이 점점 더 쉬워지고 있는 지금은 이런 데이터 중심의 교육이 가능한 때이다. 개인의 계롬이 1GB 정도의 메모리에 담길 수 있는데, 네 종류의 염기 서열인 계롬 데이터를 직접 다루면서 유전학을 공부하는 교실의 모습이 먼 미래의 모습은 아닐 것 같다.



## 원격 과학 수업을 위한 과학 교실과 과학 교사의 현재와 미래

송문중학교 최윤희

### I. 원격 수업의 현재

전 세계적으로 COVID-19의 유행과 확산에 따라 사상 초유의 온라인 개학이 이루어졌고, 초중등학교에서 원격 수업이 시행되고 있다(교육부, 2020). 이러한 COVID-19의 확산을 예방하기 위하여 올해 4월 처음으로 초중등학교에 온라인 개학이 이루어졌으며 원격 수업이 진행되고 있다. 원격 수업은 이전에도 다양하게 정의되었으며, 실행하는 주체의 여건과 테크놀로지 환경에 따라서 동시적 또는 비동시적으로 진행될 수 있다(계보경 등, 2020). 교육부에서는 “교수 학습 활동이 서로 다른 시간 또는 공간에서 이루어지는 수업 형태”로 정의하고 있다(교육부, 2020, p.10). 교육부(2020)에서는 원격 수업의 유형을 <표 1>과 같이 3가지로 제시하고 있으며, 현재 과학 원격 수업도 세 가지 형태의 방법으로 진행하고 있다.

<표 1> 원격 수업의 유형(교육부, 2020)

구분	운영 형태
실시간 쌍방향 수업	• 실시간 원격교육 플랫폼을 활용하여 교사-학생 간 화상 수업을 실시하며, 실시간 토론 및 소통 등 즉각적 피드백
콘텐츠 활용 중심 수업	• (강의형) 학생은 지정된 녹화 강의나 학습 콘텐츠로 학습하고 교사는 학습 진행도 확인 및 피드백 • (강의+활동형) 학습 콘텐츠 시청 후 댓글, 답글 등으로 원격 토론
과제 수행 중심 수업	• 교사는 교과별 성취 기준에 따라 학생이 자기 주도적 학습 내용을 확인할 수 있도록 온라인 과제 제시 및 피드백
기타	• 교육청, 학교 여건에 따라 별도로 정할 수 있음

출처: 교육부(2020). 2020. 원격 수업 운영사례집. p.11.

그리고, 점차 원격 수업과 등교 수업을 혼합한 블렌디드 러닝(Blended learning, 혼합수업)을(교육부, 2020) 실시하여 온-오프라인 연계가 가능할 뿐만 아니라 원격 수업 내에서도 실시간 쌍방향 수업, 콘텐츠 활용 수업, 과제 수행형 원격 수업 등 다양한 수업을 혼합(블렌디드)하여 지역 및 학교 실정과 학생들의 발달 단계에 따라 다양하게 적용할 수 있도록 하였다<표 2>.

〈표 2〉 블렌디드 수업 모형(교육부, 2020)

구분	세부 모형 예시
1. 원격수업안 블렌디드	1-1. 콘텐츠 활용 수업(예습)+실시간 쌍방향 원격 수업
	1-2. 실시간 쌍방향 원격 수업 + 과제 수행형 원격 수업
	1-3. 콘텐츠 활용 수업 + 과제 수행형 원격 수업 + 쌍방향 원격 수업
2. 원격 수업 + 등교 수업 간 블렌디드	2-1. 원격 수업(예습학습)+등교 수업(피드백, 프로젝트 학습 등) 모형
	2-2 등교 수업(핵심개념학습) + 원격 수업(확인과제학습, 피드백) 모형

1학기 동안의 원격 수업 경험에 대한 학생, 교사, 학부모의 인식을 살펴본 결과, 중고등학생의 68%가 도움이 되었다고 응답하였다(계보경 등, 2020). 한 학기 동안 수업에서 주로 사용했던 원격 수업의 형태로는 콘텐츠 활용 중심 수업 45.14%, 2개 이상의 혼합형 수업 실시가 40.93%의 순으로 나타났다. 또한, 혼합형 수업에서 실시간 쌍방향 수업을 활용한 수업 비율은 21.6%로 나타나, 전체적인 실시간 쌍방향 수업 비율은 전체 수업의 14.8% 정도로 나타났다. 과반수 이상의 교사와 학생이 원격교육의 긍정적 효과로, 원격교육이 온·오프라인 융합 수업 등을 통해 수업 혁신에 기여하였으며, 원격학습을 통해 자기 주도적 학습이 향상되었다고 응답하였다. 또한, 수업 준비 및 진행에 있어 동료 교사 간 협업 활동이 증가하였다는 응답도 높게 나타났다. 이러한 결과를 토대로 원격 수업 질 제고를 위해 필요한 지원사항으로 교사들은 자료 제작·공유 플랫폼 제공, 교수 학습 자료로 적합한 콘텐츠 제공, 콘텐츠 제작 및 자료 활용을 위한 저작권 제도 개선 순으로 응답하면서 콘텐츠 보급 및 활용의 필요성에 대한 요구가 높아졌음을 알 수 있었다. 그리고, 교사들의 대부분은 학생 간 학습 격차가 심화한 것으로 인식하고 있었다. 교사들은 학생들의 자기 주도적 학습 능력의 차이가 학습의 격차를 발생시키는 주요 요인으로 보고, 오프라인 보충지도, 개별화된 학습 관리 진단 플랫폼 구축, 학생 수준별 맞춤형 콘텐츠 제공 등을 통해 대면 수업과 원격 수업의 유기적 연계를 통한 맞춤형 학습 지원의 필요성을 강조하였다.

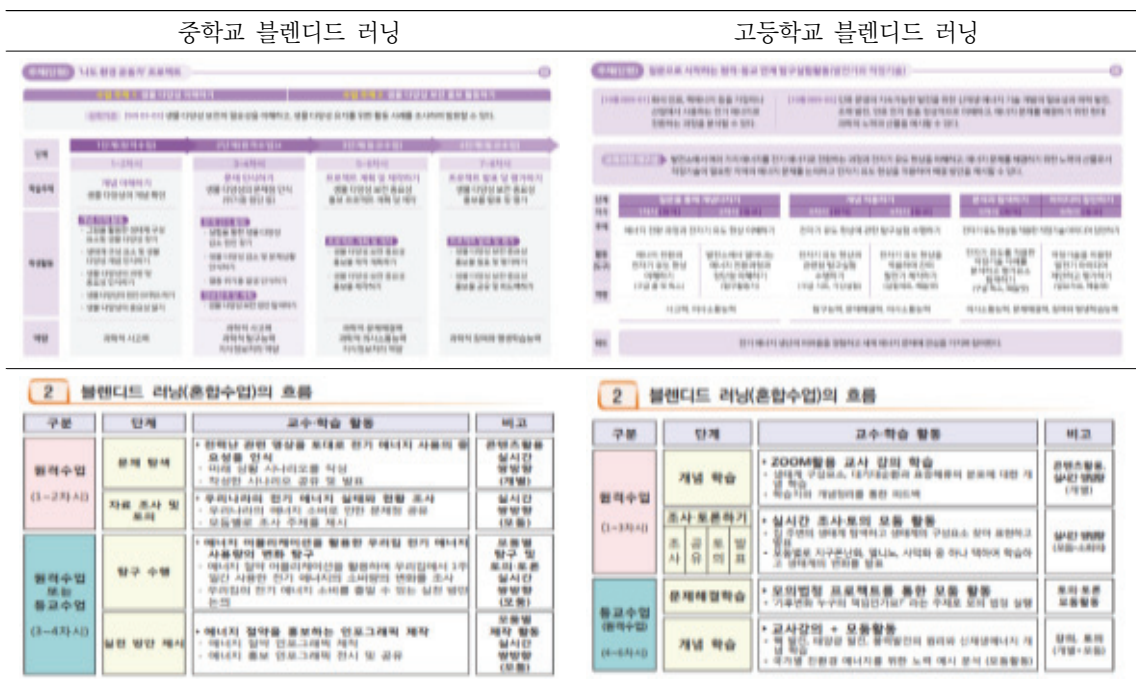
## II. 원격 수업을 위한 과학 교실과 과학 교사의 현재

초기의 인프라 측면에서의 접근성 확보에 머물렀던 현장의 관심은 수업의 콘텐츠의 질, 학습 격차 해소 등의 질적인 관점으로 전환되고 있으며, 단기적인 대응으로 그치는 것이 아니라 온·오프라인 융합을 통한 맞춤형 학습체제로의 학교 체제 전환을 위한 도약의 기회를 마련하고자 시도하고 있다. 2020년 2학기 블렌디드 러닝 수업을 위해서 교육부와 서울시 교육청에서는 블렌디드 러닝을 위한 수업 자료<그림 1>를 개발하고 공개하였다(교육부, 서울시 교육청, 2020).

블렌디드 수업의 설계는 블렌디드 수업 설계, 수업 환경, 수업의 질적 제고, 원격 수업 운영 등 네 가지 측면을 중점으로 하고 있다. 우선, 블렌디드 수업 설계 면에서는 ‘학생의 배움, 성장에 초점을 맞춘 수업 설계인가?’, ‘성취 기준(학습목표) 달성을 위한 적합한 학습 활동으로 구성되어 있는가?’, ‘등교-원격 수업의 연계성을 살리고, 각각의 장점이 살아나는 설계인가?’를 중점으로 고려하였고, 두 번째, 수업 환경 면에서는 ‘교수 학습 플랫폼과 기기는 학교에서 구하기 쉬운 일반적인가?’, ‘학생 가정의 학습 환경 조성은 일반적으로 접근 가능한 수준인가?’를 중점으로 고려하였고, 세 번째, 수업의 질적 제고 면에서는 ‘교사-학생, 학생-학생 간 상호작용이 활성화되고, 적절한 피드백으로 학생 성장을 지원하는가?’, ‘학생의 능동적 참여 및 수업 몰입도를 높이기 위한 전

략 및 기법이 포함되었나?’를 중점으로 고려하였고, 네 번째, 원격 수업 운영 면에서는 ‘원격 수업의 내용, 주제 별로 다양한 방식으로 접근하는가?’를 중점으로 고려하였다.

이러한 교육부와 서울시 교육청의 블렌디드 수업의 현장 적용과 확대가 실제로 이루어지고 있는가에 대한 논의가 필요한 시점이다. 이러한 논의를 위해서는 2015 개정 과학과 교육과정의 목표와 방향을 블렌디드 수업에서 얼마나 어떻게 적용하고 있는가를 판단해 보는 것이 중요하다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학적 소양을 목표로 하여 기본 개념의 통합적 이해와 다양한 탐구 경험을 통해서 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등 과학과 핵심 역량을 함양하도록 강조하고 있다.



[ 그림 1. 중, 고등학교 블렌디드 러닝 수업의 사례 ] 출처: 서울시 교육청(2020), 교육부(2020)

과학과 핵심 역량을 함양하기 위해서는 등교와 원격 수업이 혼합되고 있는 블렌디드 수업 상황에서도 기존의 대면 수업에서 해 왔던 다양한 활동이 연계성 있게 수반 되어야 한다. 이를 위해서는 현재 진행되고 있는 원격 과학 수업의 현 상황에 대해서 면밀하게 살펴볼 필요가 있다. 우선, 원격 과학 수업에서 학생들이 과학의 기본 개념과 통합 개념을 토대로 핵심 개념을 이해하도록 하는 것이 필요하다. 지금의 원격 수업으로는 기본 개념을 단순히 전달하는데 그치는 경우가 많으므로 기본 개념을 토대로 통합적인 개념의 이해가 가능하게 하기 위한 다양한 방법들이 원격 수업을 통해서도 이루어지는 방안을 모색할 필요가 있다. 두 번째는 탐구 활동이다. 원격 수업이 진행되면서 교사의 시범실험 영상, 유튜브 실험 영상, 개발된 실험 콘텐츠 영상 등을 활용하여 진행되는 경우가 많다. 이러한 방법은 교과서에 제시된 탐구 활동을 참고하거나 탐구 활동의 결과를 분석하고 확인하는 정도의 탐구 활동은 충분히 가능할 수 있다. 그러나, 학생들의 조작적인 수행 활동을 통해서 결과를 분석하고 해석하거나 오차 분석을 토대로 결과를 재해석하고 결론을 도출하는 과정을 경험 하는 데에는 한계점을 갖고 있음은 분명하다. 또한, 통합적 탐구 활동을 수행해야 하는 과학 수업, 과제연구, R & E 등의 활동을 진행함에

있어서는 분명한 한계점을 갖고 있다. 즉, 학생들이 직접 문제를 인식하고 가설을 설정하고 실험을 설계 및 수행한 후에 결과를 분석하고 결론을 도출하는 과정을 경험하면서 과학자들의 연구 수행과정과 절차적 지식에 도달하는 과정을 통해 과학의 본성과 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 기를 수 있는 통합적 탐구와 개방적 탐구를 수행하기에는 어려움이 있다. 세 번째는 토의와 토론 활동이다. 그동안 대면 수업에서는 과학 탐구 활동과 과학과 관련된 사회 쟁점 수업을 통해서 소집단 별로 의사소통하면서 과학적 사고력과 문제 해결력을 신장시킬 수 있었다. 현재의 원격 수업에서는 Zoom이라는 실시간 화상회의 도구를 통해서만 소회의실을 개설하여 소집단 토의나 토론 수업을 진행하거나 구글 문서를 통한 온라인 토론과 토의를 할 수 있는 상황이기 때문에 다양한 과학 수업 활동과 탐구 활동에서 소집단 토론과 토의를 진행하는 데 다소 어려움이 있다. 네 번째, 학교 안과 밖을 연결해 주는 활동이다. 대면 수업이 진행될 때는 자유학기제와 창의적 체험활동 등에서는 주제와 관련이 있는 지역 사회 기관, 과학관, 미술관, 연구소, 정부 산하 기관 등을 직접 견학하여 체험을 할 수 있었다. 이러한 활동을 통해서 학생들은 과학에 관한 관심과 호기심을 갖게 되며, 과학에 대한 긍정적인 태도와 과학과 관련된 진로에 관심을 갖게 된다. 그러나, 현재까지의 원격 수업에서는 관련 내용이 담긴 동영상상을 제공하거나 실시간 수업을 통해서 진행되고 있으므로 직접 찾아가서 체험하고 조작하고 경험하는 경우보다는 긍정적인 효과를 얻는 데 다소 어려움이 있고 실제로 외부 기관에서의 체험은 현재까지는 진행되고 있지 않은 실정에 있다.

### Ⅲ. 원격 수업을 위한 과학 교실과 과학 교사의 미래

COVID-19와 4차 산업혁명이라는 흐름 속에서 대두된 원격 수업을 통해 과학과 교육과정의 목표와 방향을 실현하기 위해서는 적합한 콘텐츠, 콘텐츠를 잘 운영할 수 있는 시스템과 환경의 조성, 온라인에서 활용할 수 있는 교수-학습 전략, 교사의 전문성 함양 등이 필요하다.

첫째, 원격 수업에서 실제 수업에서 활용할 수 있는 적합한 콘텐츠가 개발되는 것이 필요하다. 과학 수업의 경우, 기본적인 개념을 이해하는 것을 넘어서 통합적인 개념이나 탐구의 경험을 갖는 것이 매우 중요한 교과이다. 따라서, 원격 수업에서도 활용할 수 있는 기본 개념과 탐구 기능을 기를 수 있는 다양한 온라인 콘텐츠, VR, AR, MR과 같은 가상현실과 증강현실 기술을 도입하고 활용할 수 있는 콘텐츠, 공공 데이터 포털이나 빅데이터를 활용할 수 있는 콘텐츠, 애플리케이션을 활용할 수 있는 콘텐츠, AI와 빅데이터와 같은 첨단 과학 기술을 이해할 수 있는 콘텐츠를 교과 수업과 개방적 탐구와 과제연구 등에서 활용할 수 있도록 개발되어 확대 적용하는 것이 필요하다.

둘째, 원격 수업에서 제공된 콘텐츠를 잘 운영할 수 있는 원격 수업을 위한 도구 및 플랫폼 구축과 교육에 적용할 수 있는 시설과 환경의 구축이 필요하다. 과학 수업은 탐구 활동, 토의 토론 활동, 융합 교육, 과학 관련 사회 이슈 관련 활동을 통해서 모두 구성원들 간의 상호작용과 의사소통이 활발히 진행되고 발표와 공유 및 피드백 과정들이 지속되는 특징을 갖고 있다. 원격 수업에서 다양한 과학 활동을 실행하기 위해서는 소집단 모두 활동과 실시간 피드백이 가능한 도구가 다양하게 제공되어 과학 수업의 방법이나 전략에 따라서 가장 적절한 도구와 플랫폼을 수업에 활용하도록 하는 것이 필요하다. 그리고, 교육부가 5월에 발표한 과학교육 계획안(2020, 교육부)에 제시된 것과 같이 웹 기반 실험 도구 활용의 확대를 위한 과학 시뮬레이션 프로그램 개발과 시공간을 초월하여 진행할 수 있는 웹 기반 화상 및 원격 탐구 활동 시스템의 도입되어야 할 것이다. 그뿐만



아니라, AI, 빅데이터를 활용할 수 있는 온라인 플랫폼과 AR, VR, MR 등을 활용할 수 있는 지능형 과학실의 구축이 확대되어야 할 것이다.

셋째, 콘텐츠와 콘텐츠를 잘 활용할 수 있는 환경이 구축된다면 그것을 잘 활용할 수 있는 교수 학습 전략의 도입과 실행이 중요하다. COVID-19 상황이 벌어지기 이전에도 온라인 과학 수업의 교육적 효과와 실행 가능성에 연구들이 진행되었다(임정훈, 1999; 이봉우, 2004; 김금희, 2007; 김인숙, 조은순, 2008; 신예진, 우애자, 2011; 강인애, 강현경, 2011; 남혜인 등, 2017; 이태수, 2017). 이러한 선행 연구를 토대로 기존의 과학 교수 학습 모형과 방법과 결합하고 수정·보완한다면 원격 수업에서도 과학 수업의 목표와 방향에 적합한 다양한 과학 수업이 구현 가능해야 할 것이다.

넷째, 비대면 원격 수업을 위해서는 비대면 과학 수업이 가능한 과학 교사의 역량 함양을 통한 전문성 신장이 매우 중요하다. 우선, 과학 교사들은 비대면 원격 수업이 본격적으로 진행되면서 현장의 과학 교사들에게 요구되는 역량으로는 스마트 기기, 화상회의 도구, 온라인 플랫폼 등을 능숙하게 다루어 다양한 과학 수업에 적용할 수 있어야 한다는 점이다. 또한, 과학 교사들은 온라인 과학 수업과 과제연구, R & E, 융합 교육 등에서 적용할 수 있는 다양한 온라인 콘텐츠, 가상현실과 증강현실 콘텐츠, 시뮬레이션 프로그램과 온라인 탐구실험, AI와 빅데이터를 활용한 프로그램 등을 충분히 이해하고 다양한 과학 활동에 적용할 수 있는 교과 교육 전문가로서의 역량이 요구된다. 이를 위해서는 원격화상회의 도구와 플랫폼 및 원격 과학 수업을 콘텐츠와 프로그램의 이해 및 활용과 관련된 교사 연수들이 매우 지속해서 진행될 필요가 있다. 그리고, 온라인 과학 교사 학습 공동체(김민하 등, 2016)로의 변화도 필요하다. 현재 한국 과학 창의재단과 각 시도 교육청에서 진행되고 있는 대부분의 과학 교사 연구회와 과학 교사 학습공동체 등은 오프라인 시스템을 크게 벗어나지 못하는 상황이다. 따라서, 현재의 오프라인 교사 연구회와 교사 학습공동체의 운영을 온·오프 연계 및 온라인 형태로 전환하여 온라인 학습 환경에서 적용 가능한 과학 콘텐츠와 프로그램 등을 개발하고 실제 적용해 볼 수 있는 기회를 제공함으로써 교사들이 온라인상에서 서로의 전문적인 지식을 공유하면서 전문성을 신장시킬 수 있는 토대를 마련해 주는 것이 필요하다. 마지막으로 예비 교사를 위한 교육과정의 도입과 운영이 필요하다. COVID-19 상황에서 올해 교육 현장 실습을 나가게 된 사범대 4학년 학생들은 화상 도구의 이용이나 원격 수업을 위한 준비를 하지 못한 경우가 많았으며, 교생 실습 기간 학교에서 준비된 플랫폼을 활용하여 수업을 준비하였고, 대부분 실시간 쌍방향 수업보다는 동영상 제공을 제공하는 수업을 진행한 경우가 많았다. 따라서, 교대와 사범대 그리고 교직을 이수하는 비사범대 학생들에게 온라인 수업에 대한 이해를 돕고 과학 수업에 적용하고 활용할 수 있는 교육과정을 새로이 신설하는 것이 필요하다. 또는 현재 대학에서 교육하고 있는 교과 교육 과목에 앞으로 개발될 다양한 과학 콘텐츠와 프로그램과 원격화상회의 도구 및 플랫폼의 활용 등의 내용을 포함하여 운영한다면 예비 교사들이 원격 수업에 대한 이해를 통해 원격 과학 수업에 대한 전문성을 함양하게 될 것이다.

#### IV. 마치며

앞으로 다가올 미래 사회는 4차 산업 혁명의 시대에 맞추어 첨단 과학 기술의 발전과 더불어 현재 발생한 COVID-19와 같은 인수 공통 전염병 등이 수시로 발생할 수 있는 변화들이 일어날 것이다. 이로 인해 발생하는 급격한 사회 변화에 언제라도 대비할 수 있는 준비가 필요하며, 교육 분야에서는 원격 수업을 위한 준비가 반드시

시 수반되어야 하는 방안이다. 이를 위해서는 원격 과학 수업에 필요한 온라인 환경과 플랫폼 및 시스템의 구축이 필요하다. 그리고, 첨단 기술의 활용을 통해 다양한 온라인 프로그램의 개발 및 적용, 온라인 탐구와 시뮬레이션, 사이버 학교 밖 과학 활동이 가능할 수 있는 환경과 시스템의 구축이 선도학교와 중점 학교를 넘어서 모든 학교에 확장되어야 할 것이다. 마지막으로 과학 교사와 예비 과학 교사가 원격 과학 수업에서도 다양한 과학 활동과 프로그램 운영이 가능하도록 교과 교육 전문가로서 과학 교사들이 전문성을 기를 수 있도록 교사 연수, 온라인 교사 공동체 운영을 비롯하여 예비 교사들을 위한 교육과정 개설 및 보완 운영 방안 등이 구체적으로 실행되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 강인애, 강현경 (2011). 사이버 과학관 (Cyber Science Museum)을 활용한 초등과학 수업이 학습자의 흥미와 만족도에 미치는 효과. *초등교육 연구*, 24(2), 313-340.
- 계보경, 백송이, 김민송, 고동완, 김기범 (2020). COVID-19 개학 연기에 따른 초·중·고 원격학습 실태 사전 조사. 대구: 한국교육학술정보원.
- 계보경, 김혜숙, 이용삼, 김상운, 손정은, 백송이 (2020). COVID-19에 따른 초·중등학교 원격교육 경험 및 인식 분석. 대구: 한국교육학술정보원.
- 교육부 (2020). 2020 원격 수업 운영사례집. 세종: 교육부.
- 김금희 (2007). 온라인 토론을 활용한 과학실험 수업이 학습자의 과학 탐구 능력 및 태도에 미치는 영향. 숙명여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문.
- 김민아, 박경화, 이준기. (2016). 온라인 학습공동체에서 나타나는 과학 교사들의 지식공유 사례연구: SEDU21을 중심으로. *과학과 과학교육 논문지 (구 과학교육논총)*, 41(1), 29-48.
- 김인숙, 조은순 (2008). 초등학교 과학 교과의 온라인 탐구형 콘텐츠 개발. *한국 콘텐츠 학회논문지*, 8(12), 457-464.
- 남혜인, 강훈식, 노태희. (2017). 과학 관련 사회 쟁점 (SSI) 토론 수업에서 스마트 기기의 활용 방식과 수업의 특징. *한국과학교육학회지*, 37(5), 787-797.
- 서울시 교육청 (2020). 2020 배움과 성장이 있는 블렌디드 수업 도전하기
- 신예진, 우애자 (2008). 블렌디드 러닝 탐구실험 수업의 효과, 19(2), 121-140.
- 이봉우 (2004). 온라인 물리 탐구 토론 학습체제 개발 및 영재들의 상호작용 분석. 서울대학교 박사학위논문.
- 이태수 (2017). 증강현실 기반 안내된 탐구학습 활동이 학습장애 학생의 과학학습에 미치는 효과. *통합교육 연구*, 12(2), 251-271.
- 임정훈 (1999). 웹 기반 문제 해결 학습 환경에서 소집단 협동 학습 전략이 온라인 토론의 참여도와 문제해결에 미치는 효과. 서울대학교 박사학위논문.
- 임정훈 (1999b). 웹 기반 가상 수업에서 온라인 토론 촉진을 위한 설계 전략 탐색, *교육학 연구*, 37(2), 249-270.

[2부]

원격수업 환경의  
지능형 과학  
탐구 수업

사회: 맹승호(서울교육대학교)





## 2. 원격수업에서 과학탐구 활동 형태

기업에서는 숙련된 직원을 양성하기 위해 많은 예산을 투입하고, 다양한 교육 프로그램을 개발 및 운영하고 있다. 하지만 이러한 교육 프로그램이 개인의 성장에 미치는 영향이 크지 않다는 연구가 있다<sup>3)</sup>. 개인들의 학습이 이뤄지는 과정은 현장에 투입됨에 따라 자연스럽게 경험(70%)하거나 동료들 간의 코치나 멘토링을 통해 습득(20%)된다. 교육 프로그램을 통해서 10%만 습득된다는 것이 연구의 핵심이다. 물론 이 상황이 기업에 국한된 것이지만, 지식만을 추구하는 교육 프로그램보다는 실제 상황에 적용하는 방식이 더 필요하다는 최근의 교육 경향과 맞닿아 있다. 즉 기존의 원격수업이 정해진 교육과정의 지식을 중심으로 설명하는 강의식 이러닝 중심이었다면, 이제는 새로운 디지털 탐구도구와 결합하여 실생활에 적용하는 에듀테크 중심의 이러닝으로 바뀌어야 한다. 특히 학생들의 자발적인 참여를 유도하기 위해서는 소프트 스킬이나 역량을 중점적으로 다뤄야 한다. 이러닝이 LMS와 콘텐츠 중심이라면, 에듀테크는 다양한 디지털 탐구도구 그리고 데이터를 활용하는 플랫폼 중심이라고 할 수 있다.

이러한 관점을 과학탐구에 적용하기 위해서는 지난 1학기 동안 여러 학교에서 이뤄진 탐구 활동의 유형을 알아볼 필요가 있으며, 여러 교사와의 면담을 통한 결과는 다음과 같았다.



[그림 1] 70:20:10 학습모델 (CLEANPNG)

<표 1> 학교 현장에서 진행한 과학탐구 유형

구분	유형		사례
비대면	이론 교육		1차시: 실험안전 2차시: 물질안전보건자료 3차시: 연구윤리와 연구노트 4차시: 기초탐구기능 5차시: 통합탐구기능 6차시: 선행연구 검색 및 요약
	실험 활동	직접 실험	집에서 할 수 있는 실 과정을 동영상으로 안내 (예: 도망가는 후추: 물의 표면장력, 빨대 잠수함: 보일 법칙) 집으로 실험도구 배송 후 실시간 쌍방향 수업으로 실습 진행 (예: 스마트폰용 분광기 제작)
		영상 실험	실험 영상을 찍어 보낸 뒤, 그 영상 내용을 분석하여 실험 결과를 정리 (예: tracker를 이용한 운동 영상 분석) VR/AR 콘텐츠에 접속하여 관련 실습 후 보고서 작성
		조사 활동	실시간 쌍방향 수업 중에 모듈별 조사/토론 활동 실시 후 결과 발표
		토론 활동	
비대면+대면	이론(온라인)		실험의 이론적 배경과 실험 과정 안내를 온라인으로 제시하고, 실제 실험은 20명 이내의 최소 인원만으로 분반하여 개별 실험 위주로 진행
	실험 활동		

3) Lombardo, Michael M; Eichinger, Robert W (1996). The Career Architect Development Planner (1st ed.). Minneapolis: Lominger.

실제 COVID-19 사태가 시작된 1학기 초반에는 주로 과학탐구 관련 이론 내용을 원격수업으로 강의하였다. 그러나 비대면 수업이 장기화함에 따라 집에서 직접 구할 수 있는 실험재료로 실험하거나 간단한 실험도구를 학생들 집으로 배송하여 실시간 쌍방향 수업을 통해 실험을 진행하였다. 또 교사가 실험 영상을 촬영한 후 이를 영상분석 도구(예: tracker, imageJ 등)를 이용하는 경우도 있었다. 이후 대면 수업이 일부 허용됨에 따라 비대면에서는 실험 이론과 과정을 설명하고, 대면에서는 소수 인원의 개별화 실험을 분반으로 진행하는 경우도 있었다.

### 3. 원격수업에서 과학탐구 해결 방안

첫 온라인 개학이 있었던 4월 9일 이후 원격수업은 학교 현장의 교사들에게 엄청난 혼란과 부담을 주었다. 출석 체크, 진도학습, 과제부여, 피드백 등 교실 환경에서 이뤄지던 많은 교육 활동들이 모두 온라인으로 이전하여 그 사용법과 활용 방안을 교사들이 익히는데에도 지쳐갔다. 실시간 쌍방향 수업, 학습 콘텐츠 활용 수업, 과제 중심 수업 등으로 유형을 나누어 학교에서 적절한 방식을 택해 운영하도록 하였지만, 짧은 수업 준비 기간과 온라인 학습 자료 제작에 어려움을 겪었다. 이런 이유로 초기 원격수업은 기존 EBS 콘텐츠나 e학습터 콘텐츠를 활용하였다. 또 플랫폼도 EBS 온라인 클래스의 불편함으로 인해 구글 클래스룸 등 다양한 플랫폼을 사용하게 되었다.

〈표 2〉 원격수업 플랫폼의 차이점(교육부, <https://if-blog.tistory.com/10222>)

	EBS 온라인 클래스	e학습터	위두랑	구글 클래스룸	네이버 밴드	마이크로소프트 팀즈	카카오톡, 카카오TV
출결 확인	댓글 확인	자동 체크	설문조사 또는 과제 기능 활용	댓글 및 행아웃 meet로 가능	출석체크 글에 버튼 클릭	댓글 및 팀즈로 가능	출석체크 설문에 버튼 클릭, 댓글 가능
진도율 확인	영상별 진도율 확인 가능	영상별 진도율 확인 가능	학생별 활동 내역 조회 및 엑셀파일로 확인 가능	영상별 진도율 확인 불가능	영상별 진도율 확인 가능	영상별 진도율 확인 가능	영상별 진도율 확인 불가능
과제물 등록	등록 가능	등록 가능	등록 가능, 과제 제출자 목록 확인 가능	등록 가능, 동시 접속하여 공동 과제 수행 가능	등록 가능, 비밀댓글로 개별 제출 가능	등록 가능, 과제 제출자 목록 확인 가능	등록 가능, 1:1채팅방 개별 제출 가능
평가문항 제작	객관식/주관식 문항 제작 및 채점 가능	객관식/주관식 문항 제작 및 채점 가능	설문 기능으로 문항 제작 가능, 학생별 답변 결과 관리 가능	퀴즈로 객관식/단답형만 가능, 설문지로 중간 기말고사 가능	설문 기능으로 문항 제작 가능	객관식/주관식 문항 제작 및 채점 가능	투표 기능으로 문항 제작 가능
영상 삽입 및 용량	가능 (400MB 이하, 20분 이하)	가능 (300MB 이하)	가능 (1GB 이하)	가능 (제한 없음)	가능 (1GB 이하, 1시간 이하)	가능 (제한 없음)	가능 (특 300MB 이하, TV 4GB 이하)
실시간 쌍방향 수업	불가	불가	불가	행아웃 meet	라이브 (한방향), 그룹콜로 음성 쌍방향 가능	팀즈 가능	한방향만 가능, 메시지 또는 채팅으로 학생 참여
모바일 지원	모바일 웹	모바일 웹	모바일 웹	모바일 웹 및 앱	모바일 웹 및 앱	모바일 웹 및 앱	모바일 앱(특), 모바일 웹 및 앱(TV)

이런 시기에 과학탐구활동을 원격수업으로 한다는 것은 무척 어려웠다. 여러 탐구 기능들 중 실제 탐구를 수행하는 조작적 능력은 원격수업으로 향상되기가 어려웠다. 각종 영상자료와 에듀테크 도구를 통해 기본 탐구기능 중 관찰, 분류, 추리, 예상, 통합 탐구기능 중 문제인식, 가설설정, 변인 통제, 자료변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화 등은 가능하지만, 측정이나 탐구 수행 등 직접적 행위는 교사의 의도대로 진행하기 어려웠다. 그 이유는 무엇보다도 교육과정이 원격수업이 아닌 대면 수업에 맞춰 구성되었기 때문이다. 현재 우리 과학 교육과정에서는 탐구 활동으로 실험, 조사, 토론, 프로젝트, 과제연구 등을 제시하고 있다. 그러나 대부분 교과서들은 실험 위주의 탐구 활동으로 구성되어 있어 원격수업에 적용하기 어렵다. 만약 교육과정을 재구성하는 능력을 지닌 과학교사라면, 자유자재로 원격수업에 맞춘 실험 활동으로 조정할 수 있었을 것이다. 그러나 대부분 과학교사와 학생들은 교과서를 중심으로 수업이 진행되기를 바라기 때문에 교육과정 재구성하기는 어려웠을 것이다.

이에 다음과 같은 해결 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 과학 교육과정의 유연화이다.

지식과 이해를 중심으로 하는 대면 수업에 적합한 성취기준보다는 원격수업에서도 가능한 기능 중심으로 성취기준이나 성취기준 해설이 제시되어야 한다. 현재 대부분 과학교사는 지식과 이해 중심의 단원은 원격수업으로, 실험 활동 등은 오프라인 수업에 진행하기를 원하고 있다. 그러나 실험 활동 역시 원격수업으로도 할 수 있는 내용으로 제시되어야 한다.

예) [9과09-03] 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 실험을 통해 이해하고, 일상생활에서 저항의 직렬연결과 병렬연결의 쓰임새를 조사하여 비교할 수 있다.  
 ⇒ (성취기준 해설) 저항, 전류, 전압 사이의 관계 실험을 가상 실험으로도 진행할 수 있고, 일상생활에서 저항의 직렬연결과 병렬연결의 쓰임새 조사를 모둠끼리 온라인 상에서 토의를 통해 조사 결과를 정리할 수 있게 한다.

둘째, 원격 과학수업의 유연화이다.

최근 학교 현장에는 기존 온라인 수업 모형 외에 창의적인 온라인 수업 모형들이 개발되고 있다. 또 이미 학생 참여 수업으로 현장에서 활용되고 있는 문제중심 수업, 프로젝트 기반 수업 등을 원격수업에서 구현 중이다.

〈표 3〉 다양한 교수·학습 모형의 특징

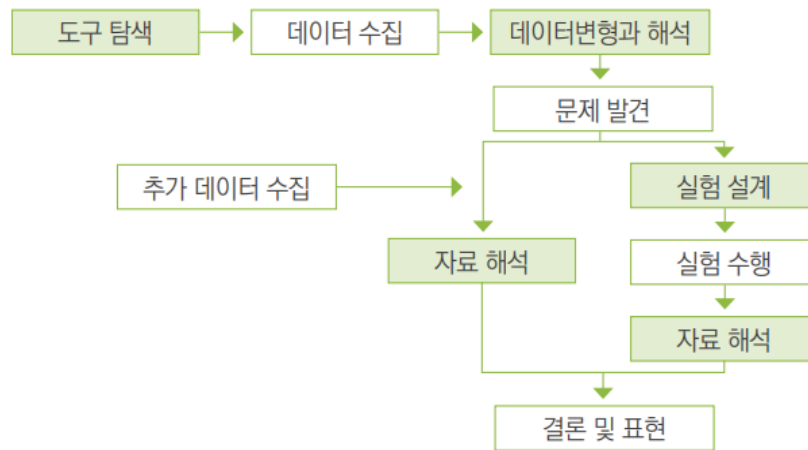
교수·학습	탐구 (Inquiry)	문제기반학습 PBL (Problem-Based Learning)	창의적 문제해결 CPS (Creative Problem-Solving)
문제의 성격	퍼즐형 문제	비구조화된 실제 문제	토론형 연구 문제
교사의 역할	문제 출제	통찰력(사고과정) 지도	과정 촉진
학생의 역할	질문, 데이터수집, 분석	초인지, 발견	아이디어 산출
주요학습 활동	조사, 발표, 실험, 토론	팀기반학습, 프로젝트	프로젝트, 과제연구, 과학전람회
학습 효과	개념의 이해	실제 세계에 적용	맞춤형 연구 역량 향상



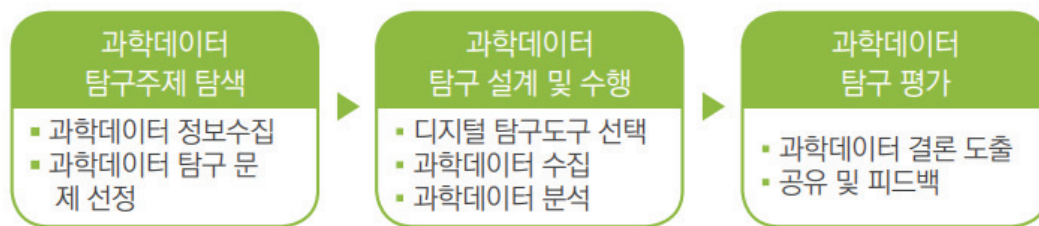
특히 프로젝트 기반 수업에서 집에서 개인이 디지털 탐구 도구를 이용하여 일상생활 문제를 해결하는 데이터 중심 학습의 활성화가 필요하다.

(디지털 탐구도구 활용 예시)

- 탐색적 과학데이터 분석: 손미현(2020). 지식정보처리역량 함양을 위한 데이터 기반 과학탐구 모형 개발. 서울대학교 박사학위논문



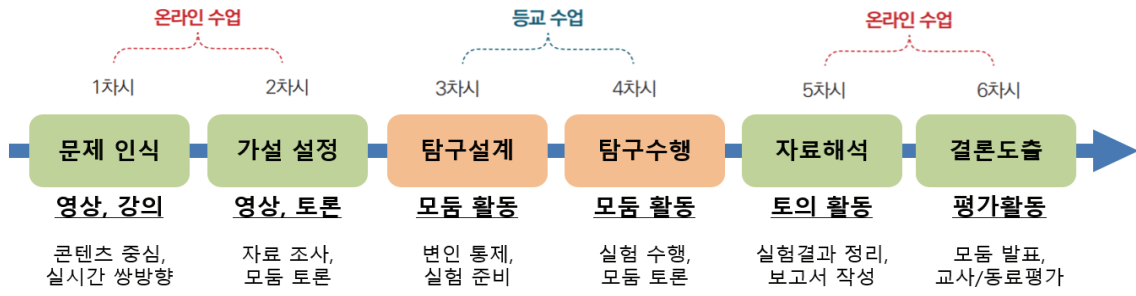
- 디지털 탐구도구 활용 수업: 정은주(2020). 데이터 기반 과학 탐구 학습을 위해 개발한 SIDI모형이 초 등학생의 지식정보처리역량과 협력적 문제해결력에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문



셋째, 블렌디드 학습이 가능한 과학 수업의 유연화이다.

온라인과 오프라인 수업을 결합한 블렌디드 학습은 크게 4가지 모형이 있다<sup>4)</sup>. 플립러닝에 해당하는 ‘순환 모델’, 방송통신고등학교처럼 체육대회, 입학식 등만 대면하는 ‘플렉스 모델’, 선택 과목 등 일부 과목만 온라인으로 수강하는 ‘알라카르테 모델’, 일부 수업시간만 대면 수업하고, 나머지는 원격수업하는 ‘가상학습 강화모델’이 있다. 이 중 과학 실험을 오프라인에서 할 수 있는 순환 모델, 가상학습 강화모델이 적합한 모델로 볼 수 있다.

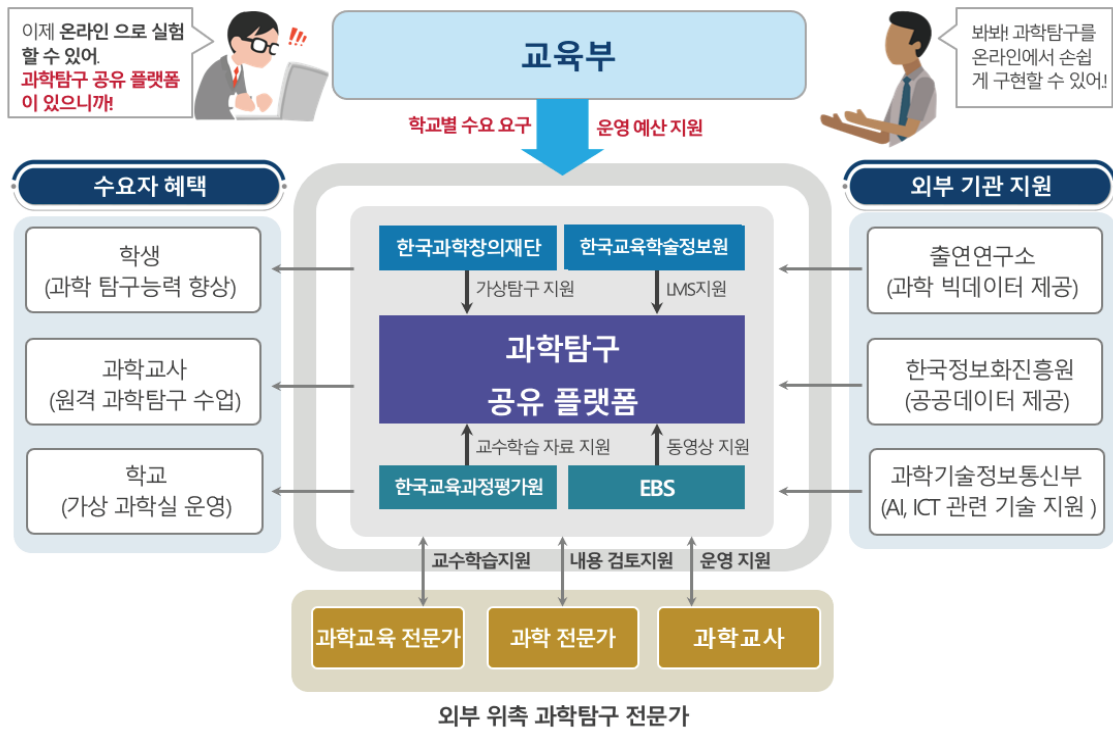
4) 마이클 혼 외, 정혁 외 역(2017), “블렌디드”, 에듀니티



[그림 2] 블렌디드 학습의 예시(순환 모델)

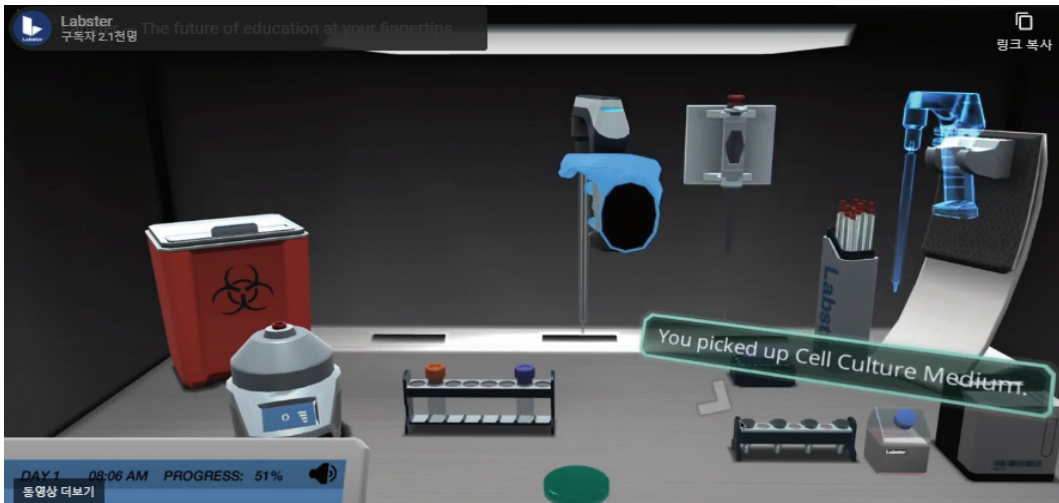
넷째, 학교 ‘과학탐구 공유 플랫폼’의 구축이다.

물리적 공간에서 행해졌던 교사의 통제 방식은 원격수업에서는 한계가 있을 수밖에 없다. 학생 자기주도학습 능력의 향상이 온라인에서 유지되는 것은 쉽지 않다. 요즘 학생들 특성에 맞게 학생들에게 적절한 포인트 인센티브 체계를 제공하여 참여를 이끄는 것도 대안이 될 수 있다. 또 국가 단위에서 교육과정에 제시되는 과학 탐구 활동을 온라인으로 제공할 수 있어야 한다.

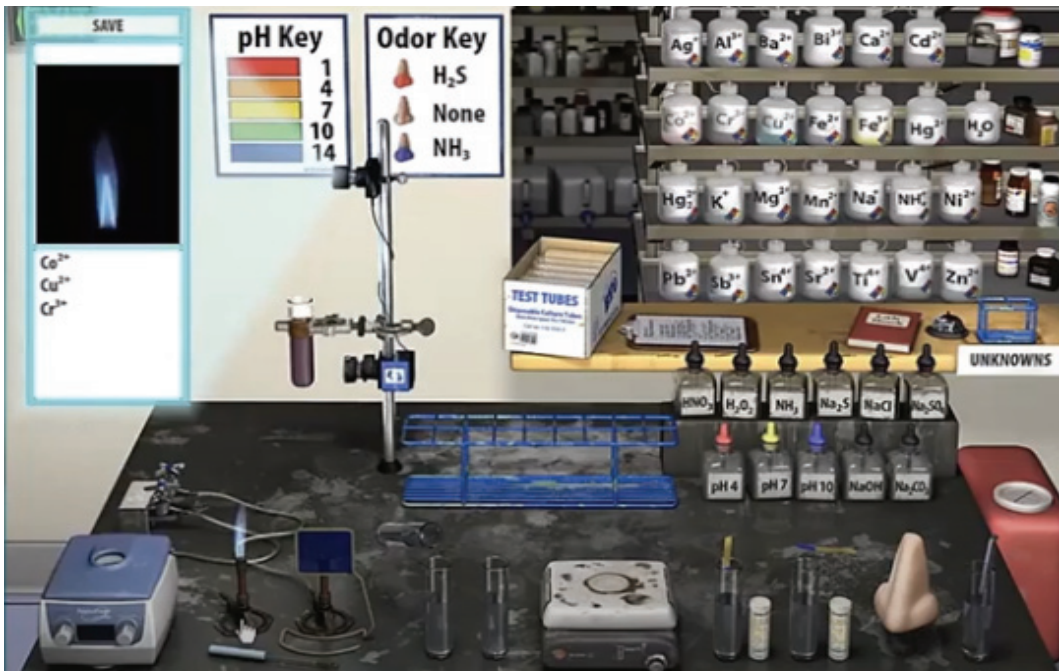


[그림 3] 과학탐구 공유 플랫폼 운영 체계도

이미 국외 기업체에서는 VR 실험 플랫폼을 운영하고 있다. 1,000개 이상의 대학 실험, 3,000개 이상의 고등학교 실험이 탑재되어 전 세계 300만 학생들이 사용하는 Labster가 있다. 모바일에서도 접근 가능하여 터치 기능으로 실험할 수 있고, 게임 같은 느낌을 주어 학생들에게 동기유발을 지속시킬 수 있다. 조만간 국내에서 한글화가 진행되어 30개 정도를 보급할 예정이다. 이 제품 말고도 중학교, 고등학교 대학교의 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 실험을 가상으로 할 수 있는 Beyond Labz도 있다.



[그림 4] Labster(www.labster.com) 가상 실험

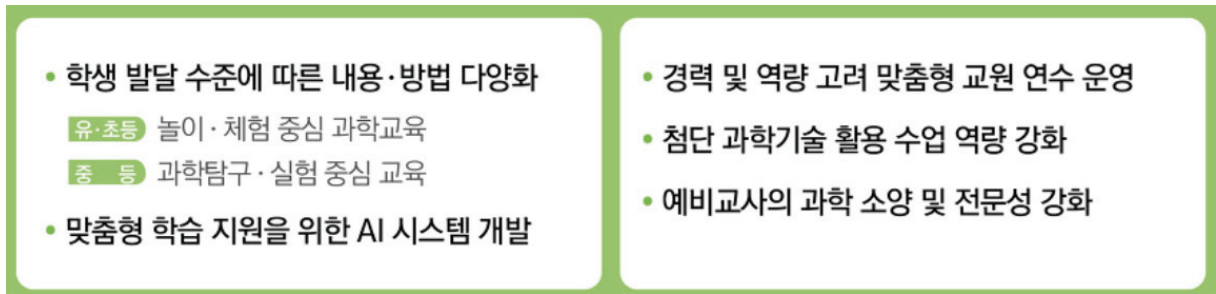


[그림 5] Beyond Labz(www.beyondlabz.com) 가상 실험

#### 4. 과학교육정책에 대한 제언

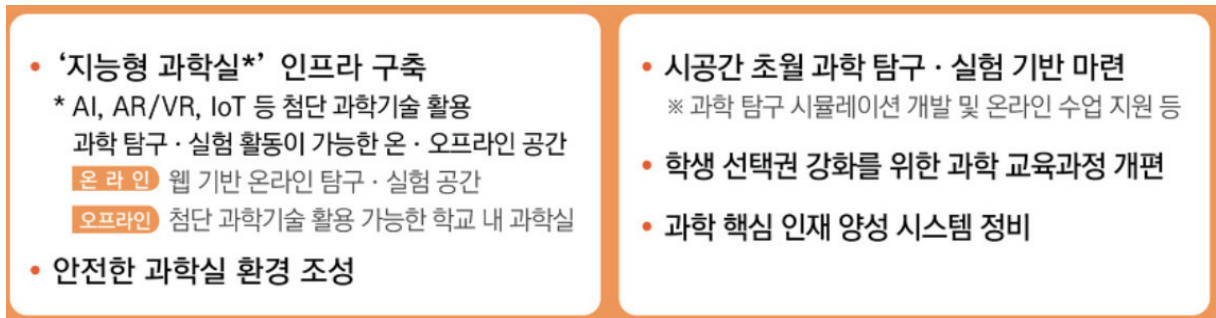
앞서 언급한 원격수업에서의 과학탐구 해결 방안의 4가지를 과학교육 정책에 반영하기 위해서는 지난 5월 26일 발표된 제4차 과학교육종합계획의 수정이나 강화가 필요하다.

첫째, 각종 과학교육 프로그램의 개발은 원격수업을 고려해야 하고, 과학교사에 대한 지원은 원격수업에서 어떻게 탐구 활동을 해야 하는지도 고려해야 한다.



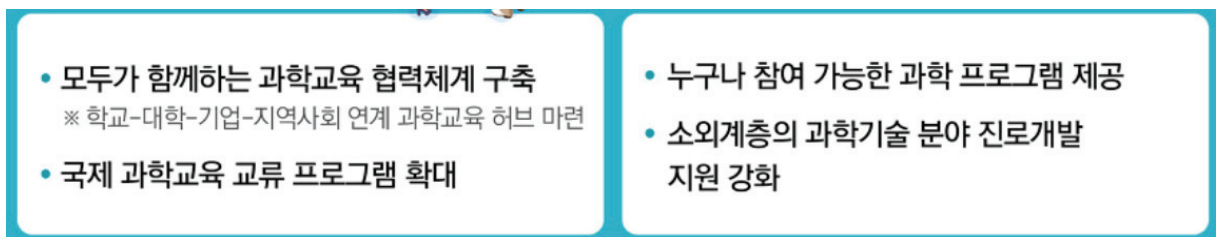
[그림 6] 제4차 과학교육종합계획의 학생, 교사 분야 정책

둘째, 지능형 과학실로 대표되는 인프라 정책은 시설 측면만 아니라 내용 측면에서도 원격 탐구 수업이 가능한 과학데이터 기반 프로젝트 수업 프로그램의 개발이 필요하다. 또 과학탐구 시뮬레이션 개발을 더욱 확대해야 할 것이다.



[그림 7] 제4차 과학교육종합계획의 인프라, 시스템 분야 정책

셋째, 글로벌 과학교육 협력은 주로 원격수업에서 탐구 활동에 관한 교류가 추가되어야 한다. 특히 기업체에서 이미 개발한 가상 실험 프로그램의 한국화가 필요하다.



[그림 8] 제4차 과학교육종합계획의 세계화, 문화 분야 정책

몇 년 이내로 COVID-19 시대가 끝나더라도 다시 예전과 같은 대면 교육 시대 그대로 돌아갈 수 없다. 앞으로는 원격수업을 기존 학교 교육의 대체가 아닌 학교 교육의 핵심으로 삼아야 한다. 그래서 단편적인 대응이 아닌 장기적인 계획에서 하나씩 해결해 나가야 할 것이다.

## 원격 수업에서 과학탐구 해결 방안

단국대학교 이봉우

역사상 유례없는 바이러스의 공격에 사회 전반에 걸쳐 큰 영향을 받고 있고, 교육도 그 중심에 있다. 학생이 학교에 가지 못하고 온라인으로 교육을 받고 있는 상황 속에서 다양한 해결방법을 모색하고 있는 실정이다. 그동안 과학교육은 ‘과학’이라는 특성상 IT기기와 밀접하게 연관되어 있어 온라인을 이용한 교육에 대해 다른 교과목보다는 준비가 되어 있다고 볼 수 있지만 여전히 어려움은 산재해 있다.

과학이 다른 교과와 구별짓는 가장 큰 특징으로 ‘탐구’를 이야기한다. 과학 개념의 학습은 다른 교과와 비슷하지만 실험 활동으로 대표되는 탐구는 과학이 갖는 독특하면서도 중요한 학습영역이다. 따라서 이번 과학교육 정책연구 포럼에서 원격수업에서 과학탐구를 논의하는 것은 시기적으로 매우 중요하다고 할 수 있다.

발제자의 원고는 크게 세 가지 내용으로 이루어져 있다. 첫째는 여러 교사와의 면담을 통해서 지난 1학기 동안 진행된 비대면 탐구 수업의 사례로, 이론 교육을 중심으로 진행되었고, 동영상을 통해 과정을 살펴본 후 학생들이 분석하는 활동, 실험준비물을 집으로 배송 후 실험을 시행하는 등의 과정이 이루어짐을 확인하였다.

둘째는 원격수업에서 과학탐구의 해결방안으로 원격수업을 고려한 교육과정의 유연화, 온라인 수업모형을 적용한 과학 수업의 유연화, 블렌디드 학습을 포함한 과학 수업의 유연화, 과학탐구 공유 플랫폼 구축 등을 제안하였다. 그리고 마지막으로 이러한 내용을 바탕으로 원격수업 고려, 원격 탐구 수업 프로그램 개발, 글로벌 과학교육 협력 등을 포함한 제4차 과학교육종합계획의 수정을 제안했다.

많은 사람들이 인지하였듯이 COVID-19는 교육에서의 혁신을 가속화하고 있다. 그동안 원격 수업과 관련된 다양한 방안들이 모색되어 왔는데, 이상적으로만 생각해왔던 많은 계획이 이번 사태를 계기로 현실화되고 있다. 몇 년 전 미래 교육에 관한 연구에 참여했었는데, 다른 교과에서 생각하는 미래의 모습이 과학 교과에서는 이미 실시되고 있거나 충분히 논의되고 있는 것을 보고 과학교육의 진취성에 뿌듯한 마음을 가졌었다. 그래서인지 원격수업을 주로 진행해온 올해의 상황에서 이론강의와 관련한 어려움에 대해서는 크게 드러나지는 않고 있다.

그 이유 중 하나는 우리나라 교사들의 우수성에 기인한다고 생각한다. 외부적인 상황 때문이지만 그동안 한번도 해보지 않았던 동영상 강의 녹화, 온라인을 통한 학생지도, 구글 클래스룸의 운영, zoom과 같은 실시간 화상회의 시스템 사용 등의 여러 가지 활동들에 많은 교사들이 발 빠르게 익숙해졌다. 교사만이 아니라 우리나라 사람들의 새로운 것을 받아들이는 유연함에 놀라게 된다.

이것이 가능했던 것은 온라인을 통한 원격수업에 대한 레퍼런스가 있었기 때문이다. 특히 과학교육에서는 오

래전부터 온라인 교육과 관련된 많은 연구가 진행됐고 그 과정에서 개발된 다양한 교수학습자료에 대한 적응이 되어왔다. 과학 교과 특성인 컴퓨터에 친숙한 면을 가지고 있기 때문이기도 할 것이다.

그런데 탐구는 상황이 다르다. 탐구를 교육하는 방법에 대한 연구도 많이 진행되어 왔지만, 대면 상황에서도 탐구를 지도하는 데 많은 교사들이 어려움을 겪고 있다. 특히 교과서 탐구보다는 자유탐구 또는 과제연구와 같은 자율적인 학생연구 활동을 지도하는 데 어려움이 많다. 지난 7월부터 9월까지 과학 중점학교 권역별 컨설팅을 통해 전국의 과학 중점학교에서 겪고 있는 어려움을 살펴보았는데, 과학탐구 지도의 어려움이 압도적으로 많았다.

그렇다면 이러한 비대면 상황 속에서 탐구 교육을 지원하는 방법은 무엇이 있을까? 보통 어떤 문제가 발생했을 때 그 문제를 해결하는 방안은 임의적이고 임시적인 대책이 많다. 그런 점에서 발제자가 제안한 방안들은 근본적이고 지속해서 고려해야 할 부분으로 크게 공감한다. 특히 ‘과학탐구 공유 플랫폼’은 학생과 교사 모두에게 긍정적인 영향을 끼칠 것이다.

과학 지식은 오랜 시간에 걸쳐 누적되어 왔기 때문에 효율적으로 정제된 좋은 자료들이 계속 개발되어 후속 세대에 전달되고 있다. 그런데 소위 과학을 연구하는 방법에 해당하는 탐구는 잘 알려지지 않았다. 바로 과정보다 결과를 중시했기 때문이다. 따라서 탐구와 관련된 많은 자료와 정보가 공유될 수 있다면 놀라운 효과를 거둘 수 있을 것이다. 지금은 과학탐구 관련 데이터베이스를 구축하고자 하는 노력이 일부 학교에서 진행되고 있는데 종합적이고 체계적인 지원체계를 갖출 필요가 있다.

발제자의 제안에 대해 공감하면서도 아쉬운 부분은 제시된 해결방안이 조금은 원론적인 면이 강하고, 또 어떤 방안은 실효성을 거두기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하다는 점이다. 현재 당면하고 있는 어려움을 즉각적으로 지원할 수 있는 단기적 처방도 필요하다. 이런 관점에서 ‘우수 원격 탐구 교육 사례’를 발굴하여 공유함을 제안한다. 부족하지만 전국적으로 진행된 원격교육에서 탐구 교육 사례를 잘 정리하여 그 속에서 우수성과 제한점 등을 분석하여 제시하고 이를 다른 교사들이 활용할 수 있도록 한다면 의미 있을 것이다.

현 상황이 COVID-19에 의해 발생한 것이므로 치료제나 백신이 개발된다면 이전과 같은 상황으로 돌아가면 될 것이다. 그러나 새로운 환경에 눈을 뜬 상태에서 완전히 이전처럼 될 수는 없을 것이다. 온라인을 통한 교육의 가능성은 점차 더 확대될 것이다. 이에 과학교육에서 온라인 탐구 교육의 구체적이고 실효적인 연구가 확대되기를 기대한다.

혹자는 우리 민족의 피에는 ‘국난 극복의 DNA’가 흐른다고 한다. 현 상황이 개선될 것임은 분명히 믿는다. POST-COVID 시대가 어떤 모습일지 기대에 찬 모습으로 맞이하고자 한다.

## 과학 탐구 수업에서 원격수업환경의 한계점 및 개선 방안

KAIST AI대학원 주재걸

### • 원격 강의 환경 기초 셋업

기존의 대면 강의 환경에 비해, 실시간으로 이뤄지는 원격수업환경은 장점과 동시에 여러 가지 한계점이 존재합니다. 가령, 강의자 및 수강자의 네트워크가 불안정하거나, 마이크 성능이 좋지 않은 경우 강의가 제대로 전달이 안 될 수 있습니다. 따라서, 사전에 수강자와 강의자가 본인의 네트워크나 마이크 상태 등을 스스로 매 수업 전에 점검할 수 있는 방안이 마련되어야 한다고 생각합니다.

그리고, 강의자 입장에서, 수강자들의 웹캠에 나오는 얼굴을 확인하며 보다 긴밀한 관계를 가지기 위해서는 강의자가 강의를 위해 공유하는 화면 이외에 다수의 모니터를 필요로 하여, 현실적으로 수강자들의 실시간 반응을 보며 수업하기 어렵다는 한계점이 존재합니다. 예를 들어, 최근의 가수 BTS 나 나훈아 콘서트의 경우, 무수히 많은 모니터를 설치함으로써 이러한 긴밀한 관계를 제공했다고 볼 수 있습니다. 따라서, 이러한 이슈를 극복하기 위해, 강의자는 최대한 멀티 모니터 환경을 구축하고, 공유되는 강의 화면, 그리고, 수강자들의 영상을 포함하여 다양한 정보를 모니터링할 수 있는 환경을 구축하는 것이 필요할 듯 합니다.

### • 실시간 소통 플랫폼

또한, 수업에서 학생들의 적극적인 참여와 집중력 향상을 위한, 실시간 온라인 강의 플랫폼 등을 (socrative.com, slido.com 등) 통해, 팝업 퀴즈나 간단한 질문에 대한 학생들의 즉각적인 반응을 얻어낼 수 있는 형태로, 최대한 오프라인 수업과 큰 차이가 없는 환경을 제공하는 것이 중요할 듯 합니다. 보다 구체적으로는, 가령, 강의자가 원하는 시점에 피드백을 얻는 형태가 있을 수 있고, 또 다른 편에서는, 수강자가 원하는 시점에 피드백을 주고 이를 강의자가 실시간으로 모니터링하며, 강의 중 어느 부분이 이해가 잘 안 가는지를 실시간으로 파악할 수 있을 듯 합니다.

### • Flipped Learning/Class

교육의 형태가 점차 원격수업 형태로 진화하면서, 학생 주도의 flipped learning/class 의 중요성이 대두되고

있습니다. 강의자 입장에서 온라인으로 강의하게 되면, 무수히 많은 수강자가 동시에 강의를 수강할 수 있고, 해당 강의를 녹화해두면 추후 다른 학생들도 그 강의를 보도록 하는 것이 가능해지므로, 강의자가 동일 내용의 강의를 반복적으로 하는 것이 큰 의미가 없어지게 됩니다. 이 경우, 차라리 학생들이 녹화된 해당 영상을 보고, 궁금한 점이나 이해가 잘 안 가는 부분들에 집중하여, 온라인 게시판이나 채팅 등을 통해 비동기식으로 강의자와 소통을 하거나, 실제 실시간으로 이뤄지는 원격 수업은 질의/응답을 위주로 진행되는 것이 강의자와 수강자 모두에게 바람직할 것이라 생각합니다.

다만 이 경우, 수강자가 자기 주도 학습을 용이하게 할 수 있도록, 동영상 강의의 단위를 세분화하고, 이러한 세분화된 주제들에 대한 dependency map 을 제시하고, 수강자 개개인의 입장에서 본인이 부족한 부분을 스스로 파악하고 보완할 수 있도록 하는 MOOC 플랫폼의 개선 또한 필요할 것이라 생각합니다.

### • 협업 환경 구축

문제 풀이의 경우, 수강자가 아이패드나 기타 태블릿을 사용하여 수기로 문제를 푸는 과정을 화면 공유를 통해 강의자가 실시간으로 확인할 수 있게끔 하고, 강의자는 역시 동일 화면에서 추가적으로 annotation을 수행하여 수강자에게 오프라인 수업과 유사한 형태로 피드백을 줄 수 있는 seamless한 환경이 제공되는 것이 필요할 것 같습니다.

이러한 이슈는, 기초 과학 교육 뿐만 아니라 프로그래밍이나 인공지능 교육에서도 마찬가지로 존재합니다. 이 경우, 각 수강자가 프로그래밍을 하는 환경에서 마치 구글닥과 유사하게 같은 프로그램 코드를 수강자와 강의자가 동시에 편집하고 실행 결과를 확인할 수 있는 협업 환경이 제공되는 것이, 온라인 교육의 한계점을 극복할 수 있는 방안이 될 듯 합니다.

### • 평가 방안 마련

수업에서 평가는 중요한 역할을 합니다. 평가를 통해, 강의자는 수강자가 어떤 부분에 대한 이해가 부족한지 파악할 수 있고, 수강자는 보다 깊이있게 공부하고, 이를 통해 좋은 성과를 낼 수 있도록 하는 동기부여의 기회를 가질 수 있습니다. 그러나, 원격 수업의 경우, 기본적으로 closed-book 하에서 실시간으로 시험을 보기 어렵다는 단점이 있습니다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 대안으로서, 장기적으로는 질적 평가가 보다 활성화되어야 한다고 생각하고, 구체적으로는 수강자의 essay writing 을 중심으로 과제 할당과 평가가 이루어짐으로써, 창의성 함양 측면에서 점점 더 중요성이 대두되고 있는 critical thinking 및 communication skill 을 수강자가 기를 수 있도록 하는 형태로 교육의 형태가 진화해야 한다고 생각합니다.



## 원격 과학탐구 해결 방안에 대한 검토 의견

대구대학교 차정호

코로나19로 촉발되어 강제로 마주하게 된 원격수업 상황은 교사나 학생 모두에게 쉽게 풀리지 않는 곤혹스런 숙제였다. 우리나라 뿐만 아니라 전세계가 비슷한 상황이었을 것이다. 지금 우리는 지난 8개월간 급작스런 시대의 조류에 떠밀려 실행한 다양한 시도들을 다각도로 되짚어 보고 있다. 이와 더불어 막연하게 10년쯤 후로 예상하고 준비해오던 미래 과학교육을 위한 선택지들을 급하게 꺼내놓고 만지작거리는 중이다.

이런 상황에서 발표자는 지난 1학기 시행된 원격수업 실태와 과학탐구 활동의 형태에 대한 분석을 바탕으로 원격수업 상황에서 과학탐구를 해결하는 방안을 다양하게 제시하였다. 발표자는 교육과정의 유연화, 원격 과학수업의 유연화, 블렌디드 학습이 가능한 과학 수업의 유연화, 학교 과학탐구 공유 플랫폼 구축으로 구분하여 다양한 대안들을 제시하고 있다. 발표자가 제시한 신선한 대안들에 대체로 동의하면서 토론자로서 몇 가지 관점들을 추가로 제시하고자 한다.

첫째, 교육과정 유연화와 관련해서는 학습량의 조절을 언급하고 싶다. 대면 수업의 관점에서 기술된 기존의 성취기준이나 해설을 원격 수업의 요소(가상실험 및 온라인 토론)를 포함하도록 수정하는 작업과 별도로 학습량 경감도 필요하다. 현장에서 다양한 방식(대면/비대면/혼합수업)의 수업을 운용하기 위해서는 다양한 방식을 시도하려면 교육과정상의 여유가 필수적이기 때문이다. 실제로 자유학년제를 시행하는 중학교 1학년의 경우 다양한 활동이 가능하다. 평가 및 대학입시의 제약이 따라다니긴 하겠지만, 교육과정 유연화를 위해서는 그만큼의 여유가 필요하다는 생각이다.

둘째, 원격 과학수업의 유연화와 관련해서는 디지털 탐구 도구를 이용한 데이터 중심 학습의 활성화에 적극 찬성하면서 추가적인 아이디어를 내어본다. 발표자는 디지털 탐구 도구를 이용한 데이터 수집 및 해석에 초점을 두었는데, 과학의 학문 영역에 따라서는 원자료(raw data)의 의미를 다른 측면에서 생각해 볼 수 있다. 예를 들어 생명과학에서는 다양한 동식물의 실물이나 표본의 영상 자료가 원자료가 될 수 있다. 고화질의 사진자료나 3D 자료는 과학탐구에서 가장 기본이라 할 수 있는 관찰을 위한 좋은 자료다. Google Arts & Culture에서 제공하는 고화질의 사진자료가 참고가 되겠다. 과학의 여러 영역에 따라 다양한 원자료(raw data)의 형태가 달라질 수 있으니 다양한 시도가 필요하다.

셋째, 블렌디드 학습이 가능한 과학수업의 유연화로 적절한 모형으로 순환 모형과 가상학습 강화모형을 든 것은 적절하다고 본다. 단, 사회적 거리두기의 단계에 따라서는 플렉스 모형이나 알라카르테 모형도 가능할 수는 있겠다는 생각이다. 물론 그런 상황이 발생하지 않기를 바랄 뿐이다.

넷째, 과학탐구 공유 플랫폼의 구축과 관련해서는 발표자가 제시한 상세하고 구체적인 제안 내용에 대해 적극

찬성한다. 이 플랫폼의 구축을 위해서는 한국과학창의재단, 한국교육학술정보원, 한국교육과정평가원, EBS 등 다양한 유관기관의 협조가 필요하기에 지금이라도 협의체가 만들어져 구체적인 논의가 시작되길 바란다. 이 플랫폼이 시행되기 위해서는 발표자의 원고 [그림 3]에서 제시된 바와 같이 여러 기관의 협력 없이는 불가능하다. 이 플랫폼이 구축된다면 과학 뿐 아니라 다른 교과로의 확장도 얼마든지 가능하니, 각 기관이 보다 열린 자세로 협업에 임하길 바란다.

발표자는 실제 데이터 분석 이외에 이 공유 플랫폼을 통해 제시될 대표적인 콘텐츠로 VR 실험을 제시하고 있다. VR 실험은 온라인 상황에서 가능한 과학탐구의 하나로 주목 받아왔지만, 국내에서는 실제로 사용할 수 있는 콘텐츠가 많지는 않았다. 그간 미국 콜로라도 대학교에서 운영하는 PhET<sup>1)</sup>이나 이동준 선생의 자바실험실<sup>2)</sup> 그리고 김정식 허명성의 과학사랑 홈페이지<sup>3)</sup>에서 시뮬레이션 형태의 실험자료들이 제시되었지만, 원고에 제시된 Labster나 Beyond Labz처럼 교육과정에 맞춰 다양한 실험을 체계적으로 제공하는 경우는 거의 없다.

향후 VR 실험자료를 개발할 경우 고려할 사항이 하나 있다. 바로 실험 상황을 얼마나 현실감있게 제시하느냐다. 시뮬레이션 관련 연구들에서 충실도(fidelity)라고 표현한 용어인데, 가상의 현실 속에서 실험을 수행하면서도 현실 세계와 얼마나 유사한 경험을 제시하느냐는 신중할 필요가 있다. 필자는 Labster와 Beyond Labz의 콘텐츠를 둘러보면서 앞서 언급했던 시뮬레이션 사이트들과 큰 차이를 발견하지 못했다. VR이라는 표현을 들었을 때 생각했던 전용 고글(HMD)을 착용한 상태에서 가상이지만 실제처럼 보이는 실험실 공간에서 플라스틱과 시약을 이용해서 실험을 상상했기 때문이다. 충실도(fidelity)가 높은 VR이 과연 효과적인가에 대해서는 논의가 더 필요하겠지만, 적어도 학생 특성(예를 들면 나이)을 고려한 세심한 접근이 필요해 보인다.

가상 실험을 생각했을 때 드는 의문점 중의 하나는 과학탐구의 목표 중 하나인 수공적 기능(manipulative skills)에 대한 고려다. 가상으로 실험을 대체한다는 것은 수공적 기능을 포기한다는 것으로 인식되기 쉽기 때문이다. 많은 부분이 가상 실험으로 전환되고 나면 수공적 기능의 대체는 어쩔 수 없는 선택으로 보인다. 실제로 전통적으로 수행해오던 어떤 실험들은 더 이상 지속할 필요가 없는 것으로 보이기도 한다. 그러나 과학탐구에서 어떤 수공적 기능은 대체 불가능한 영역도 있지 않을까. 그런 측면에서 기존의 탐구들을 수공적 기능에서 분석하고 가상 실험으로 대체 가능한 것과 불가능한 것으로 정리할 필요도 있겠다.

토론 원고를 마무리하면서, 발표자가 원고 말미에 제시한 과학교육정책에 대한 제언들에 깊은 공감을 표한다. 원격 교육을 위한 프로그램 개발 못지 않게 과학교사에 대한 지원이 종합적으로 이뤄질 필요가 있다. 수업 역량 강화를 위한 다양한 연수 프로그램 못지 않게 이미 개발 보급된 자료들을 현장에서 활용될 수 있도록 안내하는 작업도 수고롭지만 필요하다. 지능형 과학실 인프라 구축과 안전한 과학실 환경이 조성되고 더불어 과학데이터 기반 수업 프로그램의 개발 및 보급도 필요하다. 현장에서 최소의 노력으로 활용 가능한 구체적인 사례들이 공유될 필요가 있다. 해외에서 개발된 자료들의 한국화도 소소한 작업이지만 유용할 것이다. PhET의 경우 프로그램 뿐만 아니라 교수학습 자료도 이미 한국어로 번역된 것이 좋은 사례가 될 것이다. 글을 마치기 전에 한가지만 추가로 언급하면, 국내외 공공기관 및 사기업의 자료들을 활용할 때 문제가 되는 저작권 문제로 간과해선 안될 부분이다. 다양한 자료들이 합법적으로 잘 활용될 수 있도록 적극적으로 안내하고 또 저작권 문제를 해결한 자료들을 한 플랫폼에서 종합적으로 공유하는 방안도 검토되길 바란다.

1) <http://phet.colorado.com>

2) <http://javalab.org>

3) <http://sciencelove.com>





📍 08826 서울특별시 관악구 관악로 1 서울대학교 사범대학 13동 334호 (신림동)  
✉ [kase@koreascience.org](mailto:kase@koreascience.org)